

EUR 4917 n

COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN

50 MW_e KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

Jaarverslag 1971

1973



Verslag opgesteld door de
N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland - GKN/
N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven - SEP/Nederland

Deelnemingscontract No. 006-63-4 REPN

ABSTRACT

Het verslag begint met een overzicht van de belangrijkste gebeurtenissen in de eerste drie bedrijfsjaren, die worden gezien als de aanloopfase van de centrale. De beschikbaarheid was in deze periode 76,4 %. In het verslagjaar zelf heeft zich één belangrijke storing voorgedaan: de breuk van meerdere bouten, waarmee de regelstaaandrijfmechanismen tegen de stompen onder het reactor vat zijn bevestigd. De voornaamste oorzaak van de breuk was waterstofbroosheid. Een reden voor zorg was de stralingsbelasting van het personeel. Maatregelen ter beperking hiervan werden genomen. Het jaarverslag geeft een uitvoerig overzicht van de bedrijfsvoering, de reactorfysica, onderhoudswerkzaamheden en de chemische en radiochemische aspecten.

KEYWORDS

DODEWAARD REACTOR
REACTOR OPERATION
REACTOR MAINTENANCE
AVAILABILITY
FAILURES

PERSONNEL
RADIATION DOSES
RADIATION PROTECTION
RADIATION CHEMISTRY

Jaarrapport

N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland
1971

INHOUDSOPGAVE

1.	<u>BEDRIJFSVOERING</u>	5
1.1.	Overzicht van het bedrijf van de centrale	5
1.1.1.	Korte samenvatting van de belangrijkste gebeurtenissen gedurende de afgelopen 3 jaren	5
1.1.2.	Rapportage over 1971	9
1.2.	Bedrijfsonderbrekingen	13
1.3.	Totaal overzicht scrams, trips, starts en stops in 1971	18
1.4.	Het onderhoud van de centrale	22
1.5.	De personeelsbezetting	26
1.6.	Aanbevelingen ten behoeve van lay-out centrale met het oog op beperking stralingsdoses tijdens bedrijf en onderhoud	28
1.7.	Splijststofelementen	32
1.8.	Reactorvatinspectie	35
1.9.	Radioactieve afvalbehandeling	39
1.10.	Werkzaamheden in 1972	41
2.	<u>REACTORFYSICA EN THERMOHYDRAULICA</u>	43
2.1.	Algemeen	43
2.2.	Rekenprogramma's	45
2.3.	Geïstrumenteerd splijststofelement	47
2.4.	Tweede splijststofcyclus	48
2.5.	Meting van de stoombellen fractie	49
2.6.	Spectrum-analyse programma	49
3.	<u>SYSTEMEN EN COMPONENTEN</u>	63
3.1.	Turbineinstallatie	63
3.2.	Regelstaafaandrijfmechanismen	67
3.3.	Reactorwaterzuiveringssysteem (RZS)	69

vervolg inhoudsopgave

3.4.	Reactorafkoelsysteem (RAS) en splijtstofbassin- koelsysteem (SBK) modificatie	72
3.5.	Precoatfiltersystemen	75
3.6.	De afvalwater indampinstallatie	76
3.7.	Harsregeneratiesysteem (HRS)	77
3.8.	Ventilatiesysteem	79
3.9.	Verwerkingsinstallatie voor nat radioactiefafval	81
3.10.	Datalogger en regelstaafwaardebegrenzer	84
4.	<u>ONDERHOUDSWERKZAAMHEDEN</u>	84
4.1.	Werktuigkundig onderhoud	84
4.2.	Elektrotechnisch onderhoud	93
4.3.	Instrumentatie onderhoud	95
5.	<u>CHEMISCHE EN RADIOCHEMISCHE BEDRIJFSASPECTEN</u>	98
5.1.	Primair systeem	
5.2.	Chemische aspecten van de ombouw van het reactor- waterzuiveringssysteem (RZS)	106
5.3.	Waterhuishouding	114
6.	<u>STRALINGSCONTROLE</u>	118
7.	<u>BEDRIJFSBUREAU</u>	128

1. BEDRIJFSVOERING

1.1. Overzicht van het bedrijf van de centrale

Het jaar 1971 is het derde volledige bedrijfsjaar van de eerste Nederlandse kernenergiecentrale.

Verwacht wordt dat dit derde jaar kan worden gezien als de afsluiting van een aanloopfase van 3 jaar, waarin de installatie en de personeelsbezetting zodanig zijn aangepast en ingewerkt dat voor volgende jaren - afgezien van onverwachte tegenslagen - van een bedrijf van de centrale op routine basis moet kunnen worden gesproken.

1.1.1. Het lijkt opportuun om een korte samenvatting van de belangrijkste gebeurtenissen gedurende de afgelopen 3 jaren te geven.

Het jaar van in bedrijf stelling van de centrale, 1968, werd afgesloten met een SEP bedrijfsvaardigheidsproef; ten gevolge van moeilijkheden met de ontwateringen van de turbine moest het vermogen tot 50 MWe blijven beperkt.

In 1969 moesten twee bedrijfsonderbrekingen worden gepland voor verbeteringen aan de turbineinstallatie; feitelijk stond dit gehele jaar in het teken van de moeilijkheden met de turbine ontwateringen, de beschikbaarheidsgraad voor het reactorsysteem bedroeg 99,79%.

In 1970 werden wederom belangrijke verbeteringen aangebracht in de turbineinstallatie en verder ook in het condensorkoelwatersysteem. De beschikbaarheid van het reactorsysteem werd aangetast doordat de tijdelijke absorptieplaten eerder dan gepland uit het reactorvat moesten worden verwijderd. De officiële warmteverbruiksmetingen van de turbine gaven een overschrijding van 2,54% bij het nominale vermogen. Belangrijke kosten waren in dit jaar nodig voor een uitbreiding van het afstands-gereedschap en inspectie apparatuur voor betere efficiency en ter beperking van de stralingsdoses bij het splitsstofwisselen en bij onderhouds- en inspectiewerkzaamheden.

In 1971 werd voor het eerst splitsstof uitgewisseld; tegelijkertijd werd het reactorvat aan een intensieve inspectie onderworpen.

Anderhalve maand na in bedrijf stelling werd het reactor-systeem door boutbreuk aan de huizen voor de regelstaaf-aandrijfmechanismen gestoord, waardoor een ongeplande bedrijfsonderbreking van een week noodzakelijk werd.

Inmiddels was toestemming verkregen om het reactorvermogen te verhogen, de productie werd beperkt door het slokvermogen van de turbine en de slechte koelwater-condities; toch kon een SEP bedrijfsvaardigheidsproef voor 55 MWe worden gedaan. Verder stond 1971 in het teken van verbeteringen aan nucleaire systemen die veelal waren gericht op een noodzakelijke verlaging van de stralingsdoses voor het personeel.

De beschikbaarheidspercentages gerekend naar uren, buiten de grote bedrijfsonderbrekingen (2 in elk jaar, 4 van de 6 gepland), waren gedurende de jaren 1969, 1970 en 1971 respectievelijk 95,0, 98,5 en 99,5 dus gemiddeld 97,7%. Inclusief de grote bedrijfsonderbrekingen waren deze percentages respectievelijk 73,4, 81,3 en bijna 86,7, dat wil zeggen totaal gedurende de eerste 3 aanloopjaren 80,5%. Gerekend naar vermogen, 54 MWe (in principe niet haalbaar ten gevolge van te laag rendement van de turbine) tot helft juni 1971 en 55 MWe vanaf dit tijdstip, waren de beschikbaarheidspercentages gedurende de jaren 1969, 1970 en 1971 respectievelijk 66,6, 77,8 en 84,7%, dit is totaal gedurende de 3 jaren 76,4%. Uit de vermogens waarvoor de SEP bedrijfsvaardigheidsproeven zijn gedaan en uit de gegeven beschikbaarheidspercentages blijkt duidelijk de vooruitgang welke in de afgelopen jaren is geboekt.

Het is in dit verband interessant een vergelijking van de beschikbaarheidspercentages voor de Dodewaard centrale met die voor andere centrales te geven. Gezien de voorzichtigheid die men moet betrachten bij vergelijking met andere centrales om de niet altijd uniforme basis waarop wordt vergeleken, gaat het hier alleen om de indruk. Wanneer de reeds te voren bekende en verwachte storing in 1970 ten gevolge van de tijdelijke absorptieplaten niet wordt meegerekend doch wel de storing door de boutbreuk in 1971, is het gemiddelde beschikbaarheidspercentage van 1969 tot en met 1971 voor de GKN centrale 96,8%. Dit percentage is voor de Nederlandse eenheden (ketel en turbine gekoppeld) gemiddeld 92,9% gedurende de jaren 1961 tot en met 1969 en gemiddeld 95,3% gedurende de laatste 3 jaren van deze periode.

Uit een vergelijking met andere kernenergiecentrales in de Europese Gemeenschap blijkt dat de GKN centrale - met de beschikbaarheid naar uren voor de jaren na het jaar van inbedrijfstelling tot en met 1971 - met 81% op de eerste plaats komt. Gerekend met de beschikbaarheid naar vermogen komt de GKN centrale op 76%, na 78% voor de KWO centrale KWO te Obrigheim (waarvan de Borssele kernenergiecentrale is afgeleid). Deze volgorde blijft gehandhaafd op een wereldlijst tot en met juni 1971 van kernenergiecentrales boven de 100 MWe met watergekoelde reactoren. Ten gevolge van de korte splijtstofcyclus van de Dodewaard reactor, waardoor deze meer dan andere reactoren het bedrijf moet onderbreken, zijn deze resultaten extra goed te noemen.

Ook met betrekking tot de personeelbezetting en de assistentie van de Arnhemse Instellingen mag worden verwacht dat een periode van stabilisatie is aangebroken. Het personeel van de centrale, waarvan 3 leden enige ervaring met reactoren bezaten doch waarbij geen ervaring was met kernenergiecentrales en slechts enkele werktuigkundigen ervaring hadden met conventionele centrales, raakt goed ingewerkt. Na oorspronkelijk enkele snelle mutaties vooral in de staf en de instrumentatie onderhoudsgroep, is de bezetting redelijk stabiel gebleven. Gedurende de jaren 1969 tot en met 1971 moesten - afgezien van vrouwelijk personeel dat ging trouwen - van een bezetting tussen 56 en 70 man 10 man worden vervangen, dit is $3\frac{1}{3}$ man per jaar of 5% verloop; hiervan komt 40% voor rekening van de staf (inclusief chefs van dienst), 30% voor de wacht en 30% voor de instrumentatie onderhoudsdienst. De oorspronkelijke bezetting, inclusief vrouwelijk personeel, van 56 totaal in begin 1969 moest worden uitgebreid tot 70 totaal eind 1971: de werktuigkundige onderhoudsdienst werd van 5 tot 8 man (inclusief chef) uitgebreid, de corveedienst van 3 tot 7 man, de stralingscontroledienst van 1 tot 3 man (inclusief chef) en de instrumentatie onderhoudsdienst van 5 tot 6 man (inclusief chef), terwijl - gezien de lange aanname en opleidingstijd - voor de wacht enige reserve moest worden aangenomen. Daar nog steeds personeel van buiten het gehele jaar door moet inspringen, speciaal in de werktuigkundige onderhoudsdienst en de corveedienst, in welke diensten tevens de hoogste stralingsbelasting en de meeste ziekte voorkomt, zal aan een uitbreiding van de centrale bezetting tot 72 man niet zijn te ontkomen.

In deze aanloopfase werd op grote schaal gebruik gemaakt van diensten van de Arnhemse Instellingen. Deze activiteiten lagen op welhaast elk gebied buiten de wacht en het directe onderhoud, met als belangrijkste: modificatie en afwerken turbineinstallatie, bestelling, berekening en kwaliteitscontrole splijtstofelementen*, idem opwerken splijtstofelementen*, controle reactorbedrijf met behulp van computerprogramma's en splijtstofhuishouding*, beproevingen en berekeningen voor hoger vermogen, aanvragen vergunning voor hoger vermogen, verbeteringen van nucleaire systemen ter beperking stralingsdoses, ontwerp van afstandsgereedschap en inspectie apparatuur voor betere efficiency en lage stralingsdoses, inspectie reactorvat*, staalonderzoekprogramma*, kwaliteitscontrole* en schade onderzoek, nabestralingsonderzoek van splijtstofelementen, omgevingsmetingen op radioactiviteit*, assistentie bij stralingscontrole tijdens onderhouds- en revisieperioden* en reactorveiligheidscommissie*. Verwacht wordt dat deze diensten voortaan tot maximaal 15 manjaar kunnen worden beperkt en voor een zuiver routine bedrijf (een gedeelte van de met * aangegeven activiteiten) belangrijk lager kunnen worden gesteld.

Dit betekent dan een totale personeelsbezetting tussen 80 à 85 man, exclusief bewaking en exclusief "algemeen beheer" Arnhemse Instellingen.

Ter vergelijking weer met de KWO centrale te Obrigheim kan met betrekking tot de personeelsbezetting van de GKN centrale, aangevuld met de assistentie van de Arnhemse Instellingen, nog worden opgemerkt dat deze ongeveer de helft is van die voor de KWO organisatie.

Als slotopmerkingen na dit 3 jaar overzicht zij nog het volgende aangetekend.

Kernenergie kan gebruikt worden als een zekere en betrouwbare vorm van energieopwekking, zonder in de omgeving ontoelaatbare radioactiviteit te verspreiden. Bij de directe bedrijfsvoering is in feite het enige grotere probleem het onderhoud in verband met de stralingsbelasting van het personeel. Zoals aandacht is besteed aan een hoge beschikbaarheidsfactor tijdens bedrijf en het beperken van de lozingen van radioactiviteit naar buiten zal men ook zo spoedig mogelijk reeds bij het ontwerp rekening moeten gaan houden met alle opgedane ervaring bij de revisies en inspecties in hogere stralingsvelden, teneinde revisieduur en opgelopen stralingsdoses te beperken. De eventuele - dikwijls niet zo hoge - extra kapitaalsinvesteringen moeten tijdens de exploitatie van de centrale "terugverdiend" kunnen worden.

Teneinde de ervaring in de nieuwe technieken op het terrein van de kernenergiecentrale en de hiervoor benodigde specialistische kennis zo nuttig mogelijk te gebruiken ligt het voor de hand tot nauwe samenwerking te komen. Hierbij kan dan in het bijzonder gedacht worden aan de volgende gebieden: opleiding en stage lopen, stralingscontrole tijdens revisies, deskundige adviezen bij stralingsproblemen, splijtstofwisselen door een gespecialiseerd team, reactorvatinspectie door deskundigen met instrumentarium, advisering bij de bestelling van splijtstofelementen, kwaliteitscontrole tijdens de fabricage en inspectie na opbrand van de splijtstofelementen, advisering bij de splijtstofhuishouding en het samenstellen van herladingsschema's en regelstaafconfiguraties en tenslotte de evaluatie van reactorveiligheidsproblemen. Op al deze gebieden hebben de Arnhemse Instellingen reeds belangrijke kennis en ervaring opgedaan welke behalve ten behoeve van GKN ook aan vele andere projecten ten nutte gemaakt zijn.

- 1.1.2. Aangezien in dit jaarrapport buiten het hierboven gegeven overzicht over de eerste drie bedrijfsjaren nog enkele speciale onderwerpen enigszins uitvoerig zullen worden behandeld, zal de rapportage over 1971 in dit verband met betrekking tot het overzicht van het directe bedrijf en onderhoud van de centrale beperkt blijven.

Er hebben zich in het verslagjaar tijdens bedrijf van de centrale geen nooduitschakeling van de reactor en ook geen ongeplande nooduitschakeling van de turbine voorgedaan.

Er deed zich echter wel een belangrijke storing voor, waardoor de centrale direct moest worden afgeregeld en het reactorvat van druk moest worden gebracht; het bleek namelijk dat meerdere bouten, waarmee de regelstaafaandrijfmechanismen tegen de stompen onder aan het reactorvat zijn bevestigd, waren afgebroken. Het betrof hier roestvaststalen bouten die zijn uitgewisseld tegen de oorspronkelijke koolstofstalen bouten; deze laatste vertoonden lichte corrosie ten gevolge van de vochtige atmosfeer in de reactorkamer, door lekkage van de bevestigingen. Het vermoeden dat waterstofbroosheid de voornaamste oorzaak van het falen der bouten is geweest, werd door een later onderzoek bevestigd. De oorspronkelijke bouten werden opnieuw geplaatst. Buiten deze storing was de beschikbaarheid van de centrale naar uren zeer groot, namelijk 99,6%.

De enige andere storing was een lekkage aan een kleine flensverbinding; voor het verhelpen moest de deksel van het insluitingssysteem worden verwijderd, de reparatie zelf nam een kwart uur, de generator was echter 26 uur van het net. In september zal het de laatste keer zijn geweest dat het bedrijf moest worden onderbroken voor het verwisselen van koolborstels van de generator. Bij de eerste splijtstofwisseling in 1972 zal een inrichting worden aangebracht met behulp waarvan tijdens bedrijf de koolborstels kunnen worden uitgewisseld.

Op 15 maart werd de installatie uit bedrijf genomen voor het voor de eerste maal verwisselen van splijtstofelementen. Er werden 52 nieuwe elementen geplaatst, waaronder het geïnstrumenteerde splijtstofelement en twee Pu elementen. Enkele samenstellingen van splijtingska- werden vervangen door nieuwe, regelstaafaandrijfmechanismen werden gerevideerd.

Met de oude en op vrij grote schaal met de nieuwe kern werden fysische metingen verricht, waarover later in dit verslag verder wordt gerapporteerd. Het reactorvat werd aan een uitvoerige inspectie onderworpen, waarop eveneens nog nader zal worden ingegaan.

Voor de eerste maal werden bestraalde monsters van het Staal Onderzoek Programma uit het reactorvat gehaald om in de beton- en loodcellen van het RCN te Petten en TNO te Delft te worden onderzocht; de resultaten zijn nu in studie.

De voor de bedrijfsonderbreking genomen organisatorische maatregelen - zoals continue bezetting van de hoofdtoegangscontrole zowel door een portier als een stralingstechnicus, de continue bezetting van de was-serij (tevens bedoeld voor verzorging van de overstap-plaatsen), het in continudienst werken op die plaatsen die de lengte van de stop bepaalden (boven en onder reactorvat) en het aanwijzen van projectleiders die leidinggevend en coördinerend optreden voor de aan hun toegewezen werkzaamheden - hebben goed voldaan. Door een zorgvuldige uitvoering van de onderhoudswerkzaamheden en van systeemtesten voorafgaande aan de in bedrijf name van de gehele installatie, verliep het opstarten van de centrale op 20 april zonder problemen.

Op 25 januari werd de laatste nog in de oude kern aanwezige regelstaaf geheel uitbewogen. Vanaf dat ogenblik neemt het reactorvermogen als functie van de tijd regelmatig af ("derating") met ongeveer 11% per 30 dagen. Het is een gelukkige omstandigheid dat een beperkte "derating" niet oneconomisch is, zodat men enige ruimte kan plannen voor het vaststellen van een splijtstofwissel-stop; wanneer men ten gevolge van een hoge beschikbaarheid "derating" zou moeten toepassen is dit voordeliger dan wanneer door een lage beschikbaarheid geen voldoende opbrand van de uit te wisselen splijtstofelementen heeft plaats gehad. Deze "derating" begon ook weer op 2 december, de eerstvolgende splijtstofwisseling is gepland vanaf 9 januari 1972.

Het rapportjaar stond duidelijk in het teken van vermogensverhoging. Na de splijtstofwisselstop werd het reactorvermogen verhoogd, ondanks de slechte koelwatercondities kon in juni de SEP bedrijfsvaardigheidsproef voor 55 MWe worden gedaan; het ontwerpvermogen was 54 MWe, ten gevolge van het te hoge warmteverbruik was dit echter 52,65 MWe. Vele metingen en berekeningen werden uitgevoerd, zowel aan reactor als aan turbine zijde. Een reactorvermogen van 183 MWt - het ontwerpvermogen was 163 MWt - werd bereikt, door het beperkte slokvermogen van de turbine moest een gedeelte van de stoom over de omloop. Besloten werd om het slokvermogen van de turbine op te voeren niet door ombouw van het hogedrukgedeelte van de turbine doch door verhoging van de druk van 71,3 tot 80 ata; hierdoor wordt een langdurige stilstandsperiode, die voor de turbine-ombouw nodig zou zijn geweest, voorkomen.

Begin 1971 werden de tijdelijke absorptieplaten, die in maart 1970 uit de reactor kwamen, afgevoerd. In het na-jaar zijn alle uitgewisselde 52 splijtstofelementen naar Eurochemic verzonden voor opwerken, waarmede inmiddels een aanvang is gemaakt.

Er werd in dit rapportjaar nog op grote schaal gebruik gemaakt van de assistentie van de Arnhemse Instellingen. Zoals reeds eerder vermeld zijn diverse verbeteringen aangebracht aan nucleaire systemen en is het afstands-gereedschap en de inspectie apparatuur uitgebreid, voor verhoogde efficiency en ter verlaging van de stralings-doses voor het personeel, bij bedrijfs-, onderhouds- en inspectiewerkzaamheden. Veel tijd werd ook besteed aan de vermogensverhoging en verdere onderzoeken zoals insoectie reactorvat, nabestralingsonderzoek der splijt-stofelementen, gamma metingen van bestraalde elementen voor vermogens- en opbrandverdeling, berekeningen en metingen inzake het droge transport van de afgewerkte splijststofelementen; onderzoek naar de oorzaak van de gebroken bouten enzovoort. Verder moest voor ziekte (4,5%) en verloop worden ingevallen.

Om deze laatste reden, om de toch nog iets te krappe bezetting en vooral voor het uitvoeren van enige grotere modificaties en revisies moesten op vrij grote schaal derden worden ingeschakeld; waardevolle assistentie werd ondermeer van de revisiedienst van de PGEM verkregen. Ook de PEN en de PZEM hebben assistentie verleend, voornamelijk bij splijststofwisselen doch ook bij onderhoudswerkzaamheden, in het bijzonder bij de revisie van regelstaafaandrijfmechanismen.

Afgezien van de gebroken bouten hebben zich geen grote technische problemen voorgedaan. Een reden voor zorg is wel de grote stralingsbelasting van het personeel geweest.

Er waren in 1971 enige grote werkzaamheden waarbij veel straling werd opgelopen; de boutbreuk heeft een bijdrage geleverd, de uitwisseling van een niet juist gefabriceerd onderdeel van de regelstaafaandrijfmechanismen - dat de goede functionering op korte termijn echter niet beïnvloedt - moest worden beperkt, systemen werden gewijzigd om bij het volgende bedrijf of onderhoud hiervan de op te lopen doses te kunnen beperken, andere nucleaire systemen werden voor een betere functionering gemodificeerd.

Vooral het werktuigkundig onderhoud en ook de inspectieprogramma's van reactorvat en andere belangrijke installatie onderdelen kunnen aan beperkingen onderhevig zijn met betrekking tot de uitvoering door eigen gespecialiseerd personeel. Zelfs al is eigen personeel niet direct bij de uitvoering betrokken dan kan nog aanmerkelijke straling worden opgelopen bij de voorbereidingen zoals het schoonmaken van de ruimten en van de te bewerken of te inspecteren materialen, het verwijderen van isolatie en bij de coördinatie van en de assistentie van en het toezicht en de controle op de ingeschakelde derden.

In plaats van het accepteren van veelal moeilijke bewerkingen aan veelal moeilijk toegankelijke installatie onderdelen in hoge stralingsvelden, zal blijvend aandacht moeten worden besteed aan gemakkelijker onderhoud en zullen blijvend voorzieningen moeten worden getroffen om de stralingsdoses te beperken. Het is duidelijk van belang reeds in het ontwerpstadium aan de onderhoudsaspecten in een radioactieve omgeving even veel belang te hechten als aan een betrouwbaar bedrijf van de kernenergiecentrale.

In dit verband zij nog opgemerkt dat men zijn personeelsbezetting niet te krap moet kiezen. Hoewel dit in het algemeen uit kosten oogpunt wel een streven moet zijn zal men zich toch ook de hoge kosten van onnodig lange revisieduur moeten realiseren, waarbij met een iets ruimere bezetting iets gemakkelijker de stralingsdoses kan worden verdeeld.

Verbeteringen die zijn aangebracht ter beperking van de stralingsbelasting bij volgende werkzaamheden in de centrale zijn onder meer

- ombouw harsregeneratiestation, waarbij alle niet stralende componenten buiten de cel met de stralende harsbedden werden geplaatst
- in het reactorafkoelsysteem werden pneumatische kleppen gemonteerd in plaats van tussenstukken, die bij bedrijf moesten zijn verwijderd.
- de inrichting voor de verwerking van nat radioactief afval werd verbeterd
- de gamma scanopstelling werd belangrijk gemodificeerd
- oefenopstellingen met 1 : 1 modellen zijn geïnstalleerd voor splitsstofwisselen en revisie regelstaafaandrijvingen
- de gereedschappen voor deze handelingen werden uitgebreid en verbeterd.

In hoofdstuk 1.6. zijn enkele aanbevelingen opgenomen die bij de lay out van een kernenergiecentrale aandacht moeten krijgen.

1.2. Bedrijfsonderbrekingen

Alle bedrijfsonderbrekingen zijn in het overzicht "Bedrijfsoverzicht 1971" uitgezet; doordat tevens de geleverde energie per maand is opgenomen is de invloed van de storingen hierop te zien.

In januari (1) moesten de koolborstels van de generator verwisseld worde, van deze gelegenheid werd gebruik gemaakt om een deel van het turbine-generator beveiligingssysteem te testen. De energie levering werd gedurende zeven uur onderbroken.

De splijtstofwisselstop (2) is reeds genoemd, evenals stop (3) waarin de bevestigingsbouten van de regelstaafaandrijfmechanismen werden vervangen. Na de splijtstofwisselstop is, nadat de installatie enige dagen in bedrijf was geweest, nog een korte bedrijfsonderbreking ingelegd, als uitloop van de wisselstop, om alle tijdens de stop opnieuw verpakte afsluiters en flensverbindingen te controleren en nogmaals goed vast te zetten ter voorkoming van lekkages.

Bedrijfsonderbreking (4) op 28 september was weer noodzakelijk om de borstels van de generator te verwisselen; in 1972 zal een voorziening worden ingebouwd waarbij het wisselen van borstels tijdens bedrijf mogelijk wordt. De generator was gedurende 3 uren niet aan het net gekoppeld.

Tenslotte werd op 18 oktober de installatie uit bedrijf genomen, onderbreking (5), om een lekkage onder de reactorkamerhoed te verhelpen. De lekkage bleek afkomstig te zijn van een flensverbinding in de ontluichtingsleiding van de hoofdstoomleiding waar de pakking tussenuit geblazen was. De gehele reparatie, waarbij afregelen,, wegnemen en weer aanbrengen van betondeksels en reactorkamerhoed en het opstarten van de installatie, kostte 28 uur voor een eigenlijke reparatie van 15 minuten.

De volgende splijtstofwisselstop, gepland voor januari 1972, wordt weer voorafgegaan door een derating periode die op 2 december 1971 aanving toen de laatste regelstaafstap van de tweede cyclus werd uitbewogen.

De onderbrekingen van het centrale bedrijf kunnen als volgt worden ingedeeld.

Geplande stops, totaal 3, totale duur \pm 40 dagen.

no.	reden	duur	
		uur	%
1,4	verwisselen koolborstels van de generator	10	0,1
2	splijtstofwisselen en revisies	946	10,8

Niet-geplande stops, totaal 2, totale duur \pm 9 dagen.

no.	reden	duur	
		uur	%
3	lekkage in reactorkamer veroorzaakt door het breken van enkele bevestigingsbouten van een regelstaafaandrijfmechanisme gevolgd door het vervangen van alle, tijdens stop (2) aangebrachte, roestvrijstalen- door koolstofstalen bouten.	181	2,1
5	het snel toenemen van een, niet ernstige, lekkage onder de reactorkamerhoed, die afkomstig bleek te zijn van een weggeblazen pakking van een ontluichtingsleidingaansluiting.	26	0,3

Vergelijking met de jaren 1969 en 1970 laat zien dat het totaal aantal bedrijfsonderbrekingen terug is gelopen van 28, respectievelijk 15 naar 5. De niet-geplande onderbrekingen liepen van 18 over 5 terug naar 2. Nooduitschakelingen van reactor, turbine of generator kwamen in 1971 niet voor.

De ernstigste storing met betrekking tot de snelheid waarmee afgeregeld moest worden was die ten gevolge van de genoemde boutenbreuk.

Het uit bedrijf nemen van de installatie kon, door een juiste interpretatie van de optredende storingsverschijnselen, gebeuren door op normale wijze af te regelen. De centrale is 13,3% van het jaar buiten bedrijf geweest, in 1970 was dit 18,7 en in 1969 26,6%, waarvan 10,8% voor de geplande grote onderhoudsperiode. Laat men de geplande revisieperiode en de stilstand ten gevolge van de boutenbreuk buiten beschouwing dan was de centrale slechts 29 uur buiten bedrijf, wat een beschikbaarheidspercentage van 99,6% oplevert.

BEDRIJFSOVERZICHT 1971 .

dag mnd.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Uren		Stop no.	Opwekking GWh(th)			Opwekking GWh(e)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Stop no.:

1. Koolborstels generator vervangen .
2. Revisie en splijststofwisselen .
3. Stop t.b.v. regelstaafaandrijvingbevestigingsbouten .
4. Koolborstels generator vervangen .
5. Lekkage verholpen bij flensverbinding aan ontluchtungsleiding op hoofdstoomleiding reactorvat .

LEGENDE :

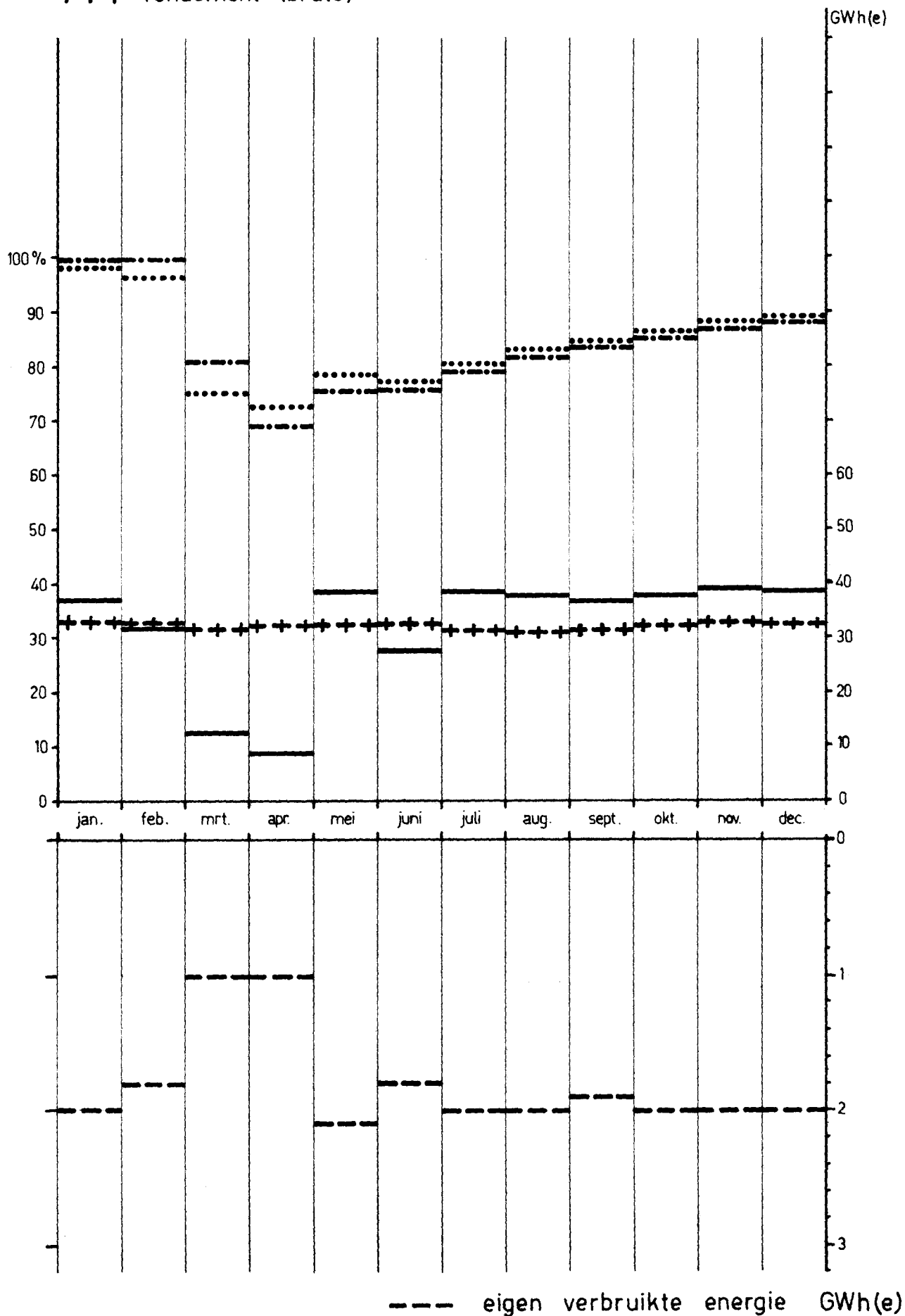
- op het net, normaal vermogen
- ▨ op het net, met verlaagd vermogen
- ▩ beschikbaar (niet op het net.)
- niet beschikbaar.

De belangrijkste bedrijfsgegevens over 1971 kunnen als volgt worden samengevat en vergeleken met voorgaande jaren.

	1971	1970	1969	
MWt nominaal	163,4	163,4	163,4	MWt
MWe nominaal	54	54	54	MWe
Max. mogelijk aantal bedrijfsuren	8760	8760	8760	h
Reactorbeschikbaarheid	7671	7467	8742	h
Turbogenerator beschikbaarheid	7868	7935	6439	h
Max. mogelijke opwekking van thermische energie	1480,5	1431,4	1431,4	GWh
Opgewekte thermische energie	1273,2	1143,2	1013,1	GWh
Gemiddelde versplijting van de kern in de huidige toestand	11049	9928	4908	MWd/ton
Max. mogelijke opwekking van elektrische energie	478,15	473,07	473,07	GWh
Opgewekte elektrische energie	404,8	367,98	315,49	GWh
Eigenverbruik aan elektrische energie	21,6	20,93	18,75	GWh
Netto geleverde elektrische energie	383,2	347,24	296,74	GWh
Beschikbaarheid van de reactor naar 163,4 MWt	86,0	79,9	70,9	%
Beschikbaarheid van de reactor naar uren	87,5	85,2	99,79	%
Beschikbaarheid van de turbogenerator naar uren	89,8	90,6	73,5	%
Beschikbaarheid van de centrale naar uren	86,7	81,3	73,4	%
Beschikbaarheid van de centrale naar vermogen	84,7	77,8	66,6	%

BESCHIKBAARHEIDSPERCENTAGE CENTRALE IN 1971.

- t.o.v. max. mogelijke bedrijfsduur van af 1 jan. 1971.
- t.o.v. max. 163,4 MW (th) van af 1 jan. t/m. mei 1971;
t.o.v. max. 173,0 MW (th) van af 1 juni 1971.
- geleverde elektrische energie (netto) GWh(e)/mnd.
- +++ rendement (bruto).



1.3. Totaal overzicht scrams, trips, starts en stops in 1971

Naar de oorzaak verdeeld zijn in het volgende overzicht, per maand, de reactorscrams en de generator- en turbine-afschakelingen gegeven.

Het hoge aantal scrams is voornamelijk veroorzaakt door een onrustig periodekanaal bij de reactor uit bedrijf; scrams geschieden 3 maal bij de reactor in bedrijf doch bij zeer laag vermogen tijdens op- en afregelen. Deze onrust werd veroorzaakt door de inmiddels slecht geworden, niet stralingsbestendige, kabel van dit kanaal binnen het insluitsysteem; de kabel is vervangen door een van stralingsbestendige uitvoering. Andere scrams tijdens reactor uit bedrijf ontstonden bij het testen van het reactorbeveiligingssysteem; er is intussen een voorziening getroffen waarbij dit testen kan geschieden zonder scram, hetgeen het regelstaafaanrijfsysteem ten goede komt.

De oorzaken van de andere scrams en afschakelingen zijn de volgende:

- reactorscrams, niet met de hand, tengevolge van:
 - onrustig periodekanaal (3 maal)
 - bedieningsfout door te laat overschakelen van beveiligingskanaal (1 maal)
 - bij het dichtlopen van de MPR bij afregelen en oliesysteem overname testen (2 maal)
- turbine afschakelingen, niet met de hand, tengevolge van:
 - testen van de overtoerenbeveiliging van de turbine (8 maal)
 - aanspreken terugwattrelais van de tornmotor bij 1300 omwentelingen per minuut tijdens testen gewijzigde tornmotoraanloopapparatuur waarin schakelfout bleek te zitten (2 maal)
 - te hoog niveau in voorwarmer no. 2 bij 15 MW(e) (2 maal)
- turbine afschakelingen, met de hand, tengevolge van:
 - na reactorscram en dichtlopen MPR-klep bij testen van het 15 ato oliesysteem (1 maal)
 - bij testen van het terugwattrelais van de generator (6 maal)
 - deellastafschakelproeven door openen 10 kV-schakelaar (5 maal)
 - stops voor onderhoud (5 maal)
- generatorafschakelingen, niet met de hand, tengevolge van:
 - testen generator terugwattrelais (2 maal)
 - deellastafschakelproeven (3 maal).

TOTAAL OVERZICHT SCRAMS, TRIPS, STARTS, STOPS etc.

PERIODE: 1971

Maand:	reactorscrams							reactor			gen./turb. afschakelingen						turbine		generator		Opmerkingen:	
	reactor		reactor beveil.	instrum. ^x fout	bed. ^x fout	hand scram	scrams totaal	start	kritisch	stop	gen. beveil.	turb. beveil.	instrum. ^{xxx} fout	bed. ^{xxx} fout	hand ^{xxx} afschak.	totaal ^{xxx}	start	uitkl. totaal	synchr.	afschak. totaal		
	in bedrijf	uit bedrijf																				
Januari	X		1	1			2	2	1	---						6	6	4	4	4	4	Turbine <u>hand</u> afschake- ling 4. Generator <u>hand</u> afschakeling 2, door de niet werken van terug wattrelais.
		X		4			4															
Februari	X																					
		X																				
Maart	X			2			2	6	5	5		5				6	11	7	8	5	6	Turbine <u>hand</u> afschake- ling 3. Generator <u>hand</u> afschakeling 3, voor deellast afschake- proeven
		X	8	8			16															
April	X							4	4	3		6				2	6	9	8	5	4	Turbine <u>hand</u> afschake- ling 2.
		X		1		5	6															
Mei	X																					
		X																				
Juni	X		1				1	2	2	1						1	1	1	1	1	1	
		X		28		9	37															
Juli	X																					
		X																				
Augustus	X																					
		X																				
septem- ber	X																					
		X														1	1	1	1	1	1	
TOTAAL:	X	X	2 8	3 41	--- ---	--- 7	5 56	14	12	9		0 1				16	27	22	22	16	16	

TOELICHTING:

- x als door een instrumentatiefout, of een bedieningsfout een scram wordt veroorzaakt, is deze onder de betreffende kolom aangegeven en niet onder reactorbeveiliging.
- xx als door een instrumentatiefout of een bedieningsfout een afschakeling wordt veroorzaakt, is deze onder de betreffende kolom aangegeven en niet onder generatorbeveiliging of turbinebeveiliging.
- xxx de onder "generator/turbine-afschakelingen" gegeven aantallen betreffen zowel generator of turbine alleen, als generator + turbine.

Vergelijking van de scrams en afschakelingen met voorgaande jaren geeft

	1971	1970	1969
scrams niet met de hand	5	4	17
turbineafschakelingen niet met de hand	12	6	31
generator afschakelingen niet met de hand	5	1	3

Dat het aantal afschakelingen in 1971 hoger is dan in 1969 komt door uitgevoerde bedrijfsbeproevingen, maar noodafschakelingen met de centrale in bedrijf kwamen niet voor en ook de afschakelingen tijdens afregelen of opstarten waren niet het gevolg van onveilige situaties.

1.4. Het onderhoud van de centrale

Het onderhoud van de centrale heeft in technisch opzicht, evenals de voorgaande jaren, geen grote problemen opgeleverd.

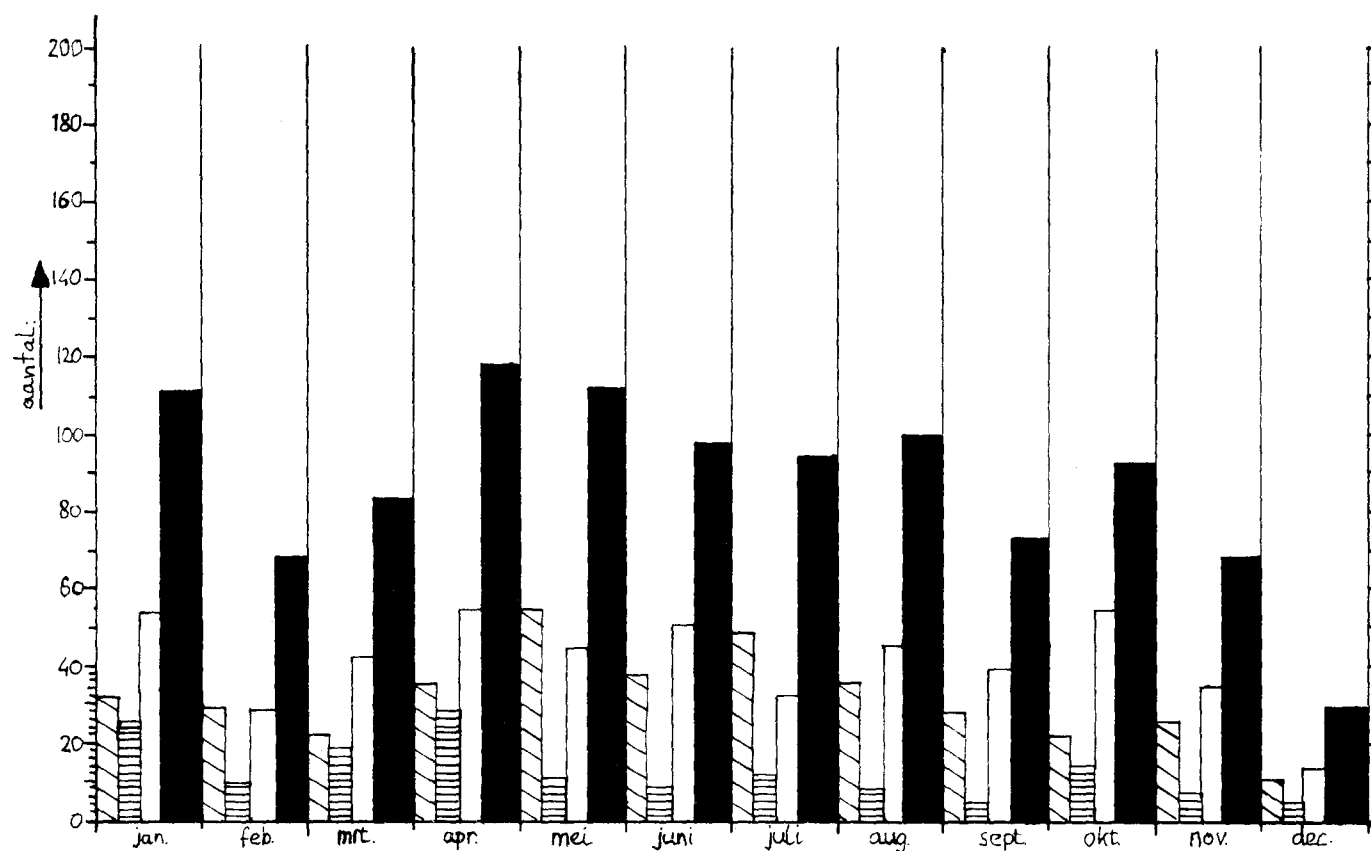
Uitgevoerde modificaties waren vooral gericht op het verminderen van de stralingsbelasting bij bedrijf en onderhoud van systemen.

Het aantal uitgeschreven storingsformulieren per maand en per onderhoudsgroep blijft op hetzelfde niveau als in 1969 en 1970. Opvallend zijn ook verdere overeenkomsten. De in 1971 gemelde storingen zijn in bijgaande grafieken per maand uitgezet per onderhoudsdienst, naar oorzaak en urgentie en naar tijd waarna de storing opgeheven was. Het aantal afgewerkte storingsformulieren bedroeg 1037, waarvan er 191 een zodanige invloed op de bedrijfsvoering hadden dat bedrijf langer dan 5 uur niet mogelijk werd geoordeeld; vrijwel al deze storingen konden tijdens bedrijf verholpen worden. Slechts 2 storingen leidden tot een niet-geplande bedrijfsonderbreking, namelijk de breuk van enkele bevestigingsbouten van een regelstaafaandrijfmechanisme in juni en een lekkage aan een flensverbinding in een ontluchtingsleiding van de hoofdstoomleiding onder de reactorkamerhoed in oktober. Uit deze cijfers, 191 betrekkelijk urgente storingen waarvan er 2 tot een niet-geplande stop aanleiding gaven, blijkt dat de urgentie in veel gevallen te hoog wordt opgegeven, waarbij vermeld moet worden dat vele systeemonderdelen dubbel zijn uitgevoerd zodat reparatie tijdens bedrijf mogelijk is. De aard van de storingen is in de meeste gevallen ouderdom, slijtage of vervuiling.

Een verdeling van de storingen naar onderhoudsdienst, urgentie en oorzaak voor de jaren 1969, 1970 en 1971 ziet er als volgt uit.

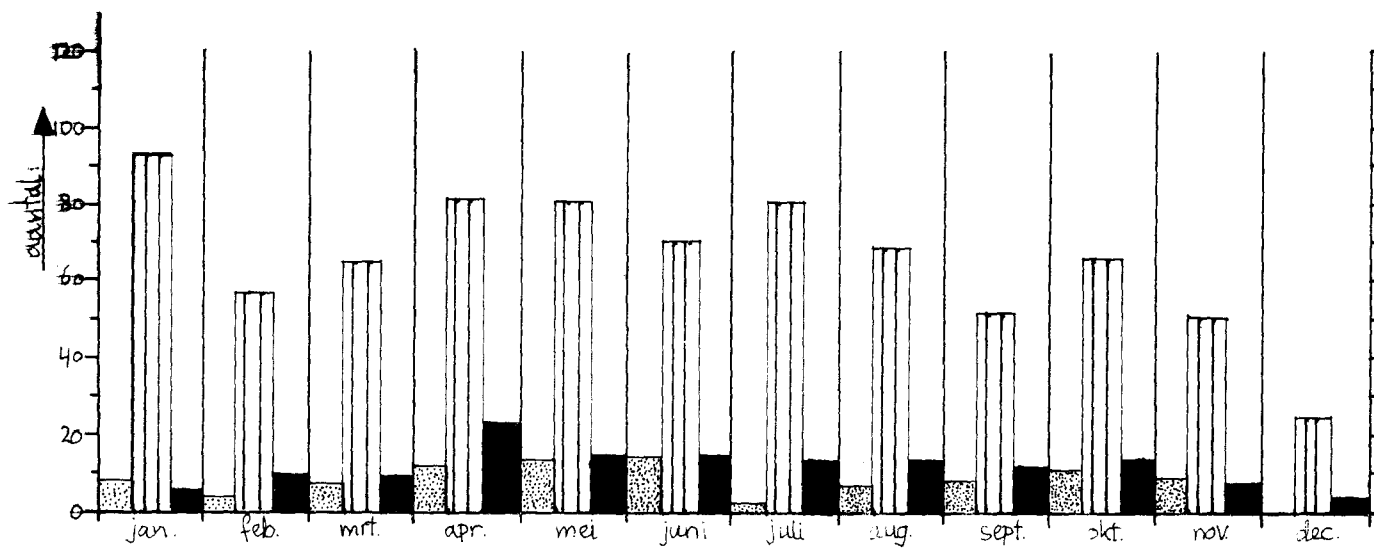
	1969 jan. t/m dec.	1970 apr. t/m dec.	1971 jan. t/m dec.
Totaal aantal gemelde storingen	1326	1070	1037
Afgewerkt door W.O.	492	403	384
E.O.	169	144	153
I.O.	665	553	501
Opgegeven urgentie:			
noodstop noodzakelijk	---	0	2
zo spoedig mogelijk uit bedrijf	---	5	6
bedrijf langer dan 5 uur mogelijk	---	105	182
bedrijf langer dan 30 dagen mogelijk	---	953	804
op te heffen bij jaarlijkse revisie	---	7	42
Opgegeven oorzaak:			
ontwerp of nieuwbouw fout	---	158	98
vervuiling, slijtage	---	755	796
onbekend	---	157	143

AANTAL GEMELDE STORINGEN IN 1971



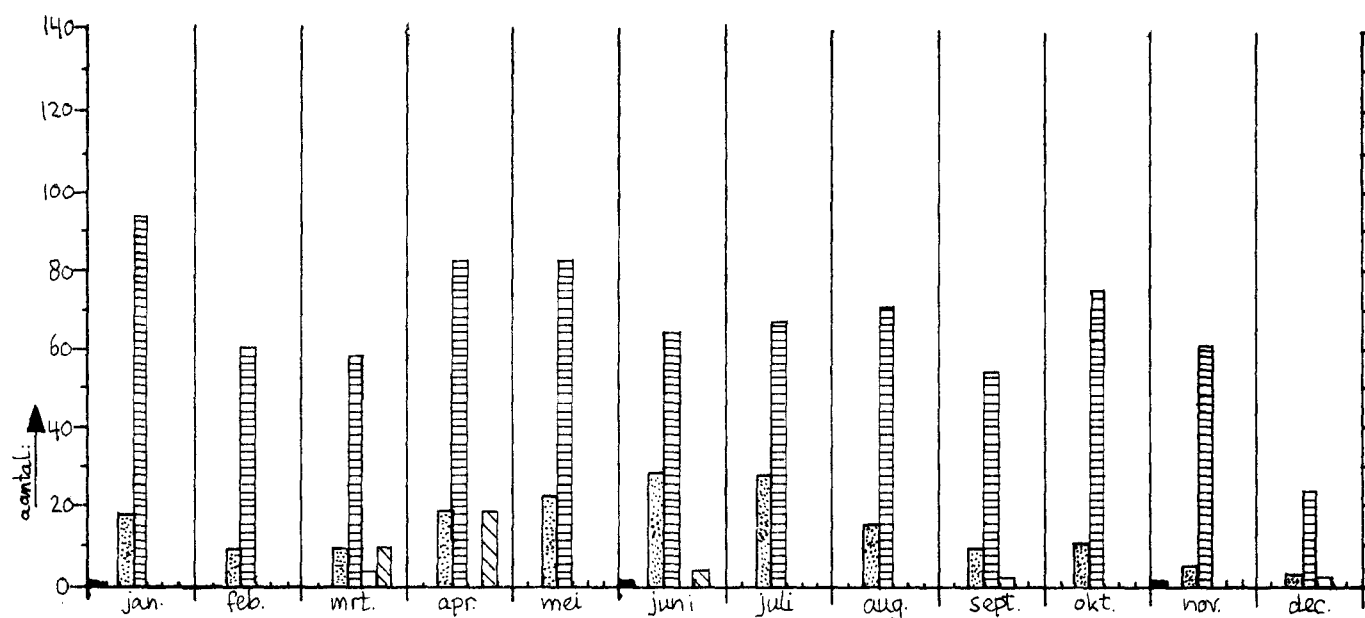
- ▨ = (W.O.) Werktuigkundig onderhoud
- ▤ = (E.O.) Elektrotechnisch onderhoud
- = (I.O.) Instrumentatie onderhoud
- = Totaal gemelde storingen.

OORZAAK VAN DE STORINGEN.



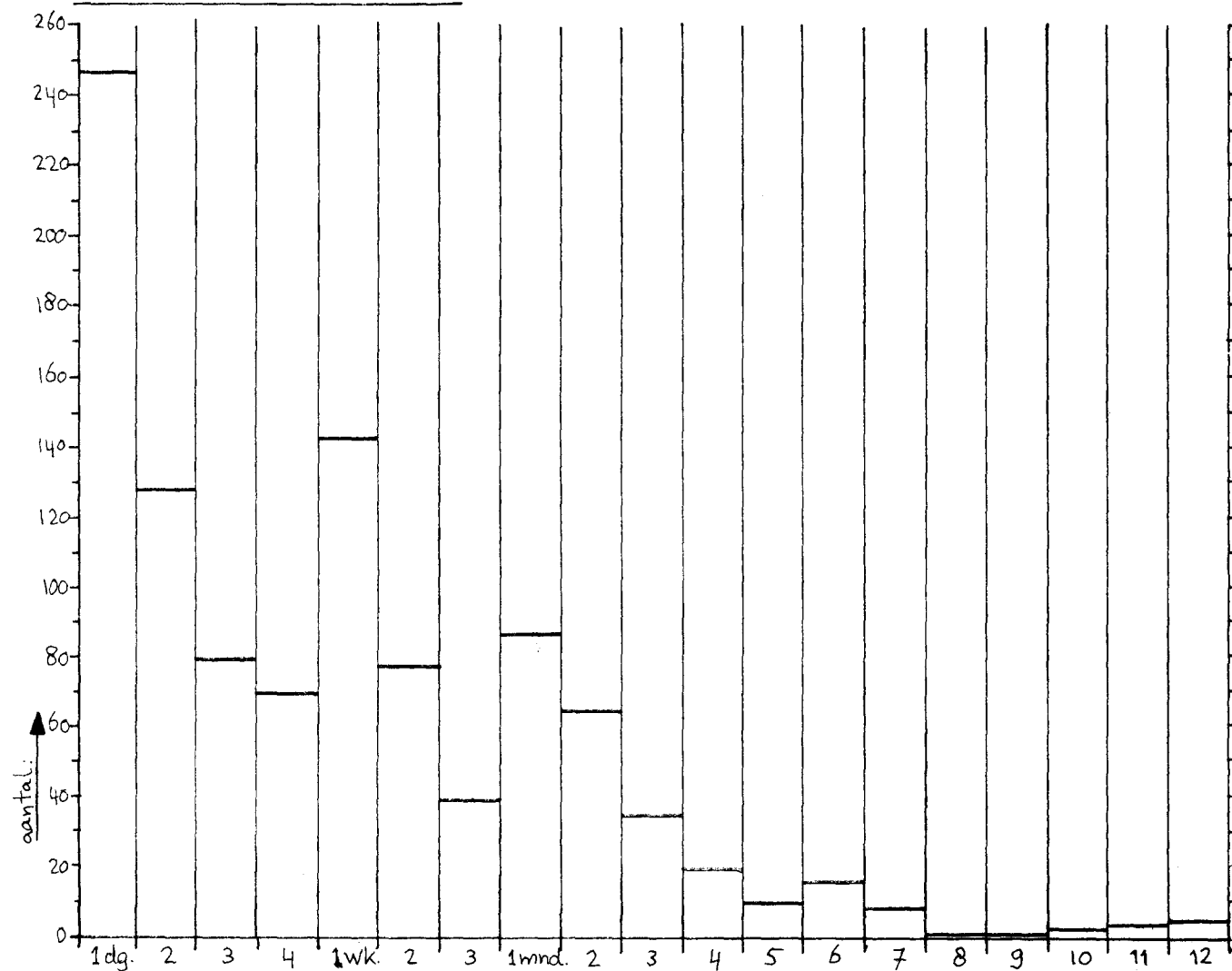
- ▤ = ontwerp-, fabricage-, montage-, materiaalfout.
- ▨ = slijtage, corrosie, vervuiling, ouderdom.
- = onbekend.

URGENTIE STORINGEN IN 1971



- = noodstop centrale.
- ▨ = zo spoedig mogelijk uit bedrijf.
- ▤ = bedrijf tussen 5 uur en 30 dagen mogelijk.
- ▥ = bedrijf langer dan 30 dagen mogelijk.
- = by revisie.
- ▧ = voortzetting reparatie vorige maand.

STORINGEN OPGEHEVEN NA:



1.5. De personeelsbezetting

Het personeel van de centrale werd met twee man uitgebreid, een werd er bij de werktuigkundige onderhoudsdienst geplaatst en een bij de corveedienst, tot totaal 69 personen.

Voor groot-onderhoud tijdens de splijtstofwisselstop en de juni-stop voor de vervanging van de bevestigingsbouten van de regelstaafaandrijfmechanismen en voor het afwerken van de op de werkzaamhedenlijsten geplaatste punten, waaronder als omvangrijke karweien de modificatie van het harsregeneratiestation, het reactorbassinafkoelsysteem, het reactorwaterzuiveringssysteem en de cementeerinrichting voor nat-radioactief afval, moesten vele derden worden ingeschakeld. Tijdens de stops werd door eigen onderhoudsdiensten veel werk in overuren verricht. Bijgaande tabel geeft een overzicht van de overuren en uren door derden gewerkt, in en buiten de stops, gedurende de afgelopen bedrijfsjaren.

In dit verband kan nog worden vermeld dat afspraken zijn gemaakt met een medisch adviseur - verbonden aan de Wageningse Instituten - met ervaring inzake stralingsaspecten, die regelmatig op de centrale zal zijn ter controle en advies, en in feite als bedrijfsarts zal optreden.

Urenoverzicht onderhoudsdiensten

	1970	1971
<u>Werktuigkundig onderhoud</u>		
Overwerk - totaal	450	477
- in lange stops	370	324
Uren derden - totaal	9540	19950
- in lange stops	2740	10075
Ziekte uren	1071	1250
<u>Elektrotechnisch onderhoud</u>		
Overwerk - totaal	277	196
- in lange stops	157	183
Uren derden - totaal	3425	9080
- in lange stops	1555	3565
Ziekte uren	85	128
<u>Instrumentatie onderhoud</u>		
Overwerk - totaal	327	380
- in lange stops	805	436
Uren derden - totaal	2250	1875
- in lange stops	820	820
Ziekte uren	34	24
<u>Corveedienst</u>		
Overwerk - totaal	230	664
- in lange stops	213	278
Uren derden - totaal	4249	6808
- in lange stops	1660	1761
Ziekte uren	1861	3383
<u>Stralingscontroledienst</u>		
Overwerk - totaal	97	265
- in lange stops	8	125
Uren derden - totaal	212	2400
- in lange stops	112	2400
Ziekte uren	42	25

1.6. Aanbevelingen ten behoeve van lay-out centrale met het oog op beperking stralingsdoses tijdens bedrijf en onderhoud

Naar aanleiding van opgedane ervaring zou men tot een aantal aanbevelingen kunnen komen waarmee bij de lay-out van de centrale rekening te houden ten einde zowel tijdens bedrijf als bij onderhoud en inspectie de opgelopen stralingsdoses te beperken.

In dit verband zij benadrukt

- a. dat deze aanbevelingen niet uitputtend zijn en als algemeen zijn bedoeld en niet zover in detail gaan dat deze bijvoorbeeld ook van toepassing zouden kunnen zijn voor het reactorvat en verbonden leidingen
- b. dat de aanbevelingen los van elkaar moeten worden beschouwd en een aantal aanbevelingen gezamenlijk mogelijk niet realiseerbaar zijn c.q. niet in het ontwerp zullen passen.

Tevens zij benadrukt dat hier heel duidelijk de kost voor de baat uitgaat: wanneer het ontwerp reeds rekening houdt met vooral de onderhouds- en inspectiewerkzaamheden zodat deze zowel beperkt kunnen blijven als snel en doelmatig kunnen worden uitgevoerd, zal een extra investering gemakkelijk kunnen worden terugverdiend door korte stilstandsperiodes, afgezien nog van de noodzaak de stralingsdoses te beperken.

1. Geen systeemonderdelen die niet zullen gaan stralen in ruimten met stralende apparatuur; dit geldt ook voor instrumentatie en relais- en schakelkasten.
2. Denk om ruimte en belastingsmogelijkheid van de vloer teneinde een eventueel tijdelijke afschermingsmuur te kunnen plaatsen.
3. In principe moet echter belangrijke stralende apparatuur reeds zijn afgeschermd; het kan van voordeel zijn tenminste gedeeltelijk demontabele afschermingswanden te hebben.
4. Buiten warmtewisselaars zijn verder nog duidelijke stralingsbronnen: restricties, dode ruimten en bochten in leidingsystemen, aftapleidingen en filters; bij de lay-out moet hiermede rekening worden gehouden, op plaatsen waar regelmatig gewerkt moet worden mogen deze stralingsbronnen geen hoge doses geven.
5. De lay-out van apparatuur in stralende ruimten moet zodanig zijn dat er goede bewegingsmogelijkheid is in deze ruimten en dat de apparatuur goed toegankelijk is, ook met gereedschap en inspectiemiddelen; deze toegankelijkheid moet dan ook zodanig zijn dat men niet gehinderd wordt door straling van andere apparatuur.

6. Beperk de hoeveelheid apparatuur per cel. Tracht apparatuur aan één zijde en ten hoogste aan twee zijden van de cel te houden.
7. In moeilijk toegankelijke stralende ruimten moegen er buiten de leidingen geen andere systeemonderdelen zijn geplaatst, zelfs geen terugslagkleppen.
8. Alle lassen moeten toegankelijk blijven, ook als er later tijdens de bouw andere leidingen in de buurt komen.
9. De toegang tot stralende ruimten moet buiten normale looppaden liggen, om contaminatieverspreiding en overstapplaatsen in deze looppaden te voorkomen. Bij de toegang moet voldoende ruimte zijn voor een overstapbank met kledingvoorraad en afvalbakken. Dit geldt bijvoorbeeld heel duidelijk voor de splitsstofwisselvloer, die gewoonlijk tijdens splitsstofwisselen reeds zo vol staat en besmet kan zijn, dat de overstapplaats elder moet kunnen worden ondergebracht.
10. In principe moeten alle ruimten en apparaten toegankelijk zijn, er mag nooit van worden uitgegaan dat ergens geen service of inspectie c.q. geen verbetering of reparatie na storing of ongeluk meer nodig is.
11. Toegankelijkheid wil ook zeggen dat men overal zonder halsbrekende toeren kan komen en dat men gemakkelijk - als deze er al niet zijn - loop en werkvloeren kan aanleggen.
12. Toegankelijk wil tevens zeggen gemakkelijk te voorzien van licht, kracht, audio en TV-communicatie, lucht ten behoeve van maskers enzovoort.
13. In alle stralende ruimten moet zeer duidelijk zijn aangegeven welke apparatuur en leidingen het betreft en moeten er duidelijke oriënteringspunten op de wanden zijn.
14. Van sterk stralende ruimten moeten er zeer nauwkeurige asbuilt tekeningen zijn met de uiteinderlijke situatie, inclusief plaatsen van de lassen, ruimte om leidingdoorvoeren, speling in leidinggeleidingen, afstelgegevens van leidingophanging, leiding isolatie, bekabeling, instrumentatie, ventilatiekanalen enzovoort. Tevens foto overzichten.

15. Van de lassen moet nauwkeurig bekend zijn hoe deze zijn gemaakt, welke reparaties zijn uitgevoerd, hoe de aansluitmaten van de leidingen zijn; de gehele kwaliteitscontrole moet goed worden geregistreerd.
16. Bij het ontwerp van alle stralende apparatuur moet rekening worden gehouden met de beste kwaliteit, de meest eenvoudige constructie en snelle demontage en montage mogelijkheid. Grote gecompliceerde apparaten die niet of nauwelijks zijn uit te wisselen moet men trachten te vermijden; indien dit niet mogelijk is moet het ontwerp conservatief zijn en moeten beproefde materialen en fabrikage methoden worden toegepast.
17. Dichtingslassen in stralende ruimten moeten worden vermeden wanneer aangenomen kan worden dat de ingesloten apparatuur service zou behoeven.
18. Een maximale standaardisatie van systeemcomponenten is uit een oogpunt van snel onderhoud sterk aan te bevelen.
19. Voor stralende ruimten moeten alle demontages en montages, zowel voor werkzaamheden binnen deze ruimten als bij eventuele verwijdering van apparatuur, zijn doordacht; hijsvoorzieningen en dergelijke moeten reeds zijn aangebracht.
20. Ten behoeve van latere demontages en montages mogen leidingdoorvoeren door afschermingswanden niet te krap zijn; desnoods opvullen met loodwol.
21. Warmtewisselaars bij voorkeur zo te construeren dat de actieve zijde mechanisch gereinigd kan worden, teneinde stralingsbelasting in de ruimte te kunnen verminderen indien hier werkzaamheden zouden moeten worden verricht; een alternatief is een niet te gecompliceerde mogelijkheid de pijpenbundel te verwijderen en elders te kunnen opslaan.
22. Bij de materiaalsamenstelling van de verschillende systeemonderdelen moet reeds rekening worden gehouden met de mogelijkheid de systemen te decontamineren met chemische reinigingsmiddelen; er moet dan ook voorzien zijn in de decontaminatie met betrekking tot de aansluitingen en de verwerking van de decontaminanten met veel opgeloste en niet opgeloste verontreinigingen en zouten van de reinigingsmiddelen.

23. Isolatie te gebruiken die geen gecontamineerd stof verspreidt. Isolatie op plaatsen waar reparatie en/of inspectie verwacht kan worden moet gemakkelijk verwijderbaar en weer snel aan te brengen zijn; ook in verband met beperking afval verwijdering moet gedemonteerde isolatie opnieuw bruikbaar zijn.
24. Spindelpakkingen moeten een minimum aan onderhoud noodzakelijk doen zijn.
25. Eventueel mogelijk stoomspuiters of water lekkages afleiden om te voorkomen dat de gehele ruimte en andere apparatuur wordt gecontamineerd; hierbij te denken aan spindeldoorvoeringen en flenzen. Ook afschermingswanden kunnen in dit opzicht een functie hebben.
26. Voorzieningen treffen opdat bij demontage lekwater kan worden opgevangen.
27. In alle cellen met potentieel besmette apparatuur moet plaatselijk met behulp van flexibele aansluitingen versterkte ventilatie kunnen worden aangebracht.
28. Binnen het gecontroleerde gebied voorzien in een ruimte voor decontaminatie, ruimte voor demontage en montage van besmette apparatuur en een ruimte met enkele werkbanken en eenvoudige gereedschapsmachines; hierbij tevens kleine voorraad handgereedschap. Eenvoudige toegang van buiten- naar binnen gecontroleerd gebied voor klein hulpmateriaal uit grote magazijn en werkplaats.
29. De hoofdtoegangscontrole moet voldoende groot zijn, inclusief hierbij behorende douches, wasserij, kledingmagazijn enzovoort, om ook de grote aantallen derden tijdens revisieperioden te kunnen verwerken, waarbij een duidelijk gescheiden routing voor in- en uitgaand verkeer mogelijk blijft.
30. In de contracten met de leveranciers van de componenten moet worden opgenomen dat zij bereid moeten zijn om - binnen de daarvoor gestelde internationaal geldende richtlijnen inzake stralingsdoses - service en onderhoud te verrichten aan de door hen geleverde systeemonderdelen, hetzij in de kernenergiecentrale, hetzij elders, bijvoorbeeld in eigen werkplaats met voor het werk aangepaste voorzieningen.

1.7. Splijtstofelementen

Aanschaf herladingen. De tweede herlading kwam midden 1971 aan. De enige veranderingen ten opzichte van het lading 1 waren: een wat hogere verrijkingsgraad namelijk 2,55% in plaats van 2,50%, met uitzondering van de hoekstaven, die nog de oude waarde van 2,50% hebben; de roosterstaven hebben een wat andere tussenplug lasvorm, meer lijkend op de geometrie van de eindplug en de draadborging van de moeren van verbindingstaven is vervangen door een borgplaat terwijl de instelling van het bovenrooster ten opzichte van dat element verwezenlijkt wordt door een instelbare dopmoer.

De herladingen 4, 5 en 6 zijn weer besteld in Engeland bij BNFL (vroeger UKAEA) aangezien voor herladingen 1, 2 en 3 door BNFL goed werk geleverd is. De belangrijkste veranderingen zullen zijn een hogere verrijkingsgraad namelijk 2,8% alsook reactiviteitscompensatie door in twee staven per element circa 1% gadolinium in de UO_2 -tabletten te brengen. Hierdoor wordt de aanvangsreactiviteit onderdrukt en kan de reactor langer in bedrijf blijven, met andere woorden de periode tussen herladingen wordt vergroot. In januari 1972 zullen 2 BNFL Gd-proefelementen in de reactor worden geplaatst.

Ook zullen deze herladingen waarschijnlijk uitgerust worden met een nieuw tussenrooster dat geringere stromingsweerstand heeft en ook geschikter is voor uitwisseling van staven per element. Verder zijn ten behoeve van betere demontage van het bovenrooster op het element, na verwijdering van de moeren van de verbindingstaven, voorstellen gedaan. Tenslotte zullen de eindlassen niet met het normale argon arc proces gemaakt worden, maar door middel van een weerstandslas met een elektromagnetische aandrukkracht; deze lascyclus duurt een fractie van een seconde en geeft daardoor zeer weinig warmte-afvoer af, ook zeer weinig warmtetoevoer in vergelijking met alfa arc.

Nabestralingsonderzoek in Dodewaard. Door middel van onderwatertelevisie en een onderwater endoscoop werden in de reactor bestraalde splijtstofelementen in het splijtstofopslagbassin geïnspecteerd. Lekke splijtstofstaven werden niet aangetroffen, wel sterke corrosieve aantastingen in de door warmte beïnvloede zone van de las ter plaatse van de benedenpluggen. Een normale verwijdering van het bovenrooster van een bestraald element was niet mogelijk, omdat de bovenpluggen van de splijtstofstaafjes in de holten van het bovenrooster vastzaten. Door afzagen kon het bovenrooster worden verwijderd.

De gemiddelde lengtetoeename van de splijtstofstaafjes was 2-3%. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de tabletten platte eindvlakken hadden. De wanddikteveranderingen van de Zircaloy-2 pijpen lagen binnen de meetnauwkeurigheid namelijk $\pm 0,02$ mm.

Nabestralingsonderzoek in Petten. Twee splijtstofstaven uit een van de bestraalde elementen zijn bij het RCN te Petten voor nader onderzoek in de "hot cells".

Het onderzoek zal onder andere bestaan uit:

- Visuele inspectie, inclusief het maken van foto's.
- Het bepalen van uitwendige diameter- en staaf-lengtevariaties.
- Gasanalyses, onder andere splijtingsgassen.
- Gamma-scanning.
- Metallografisch onderzoek.
- Opbrand bepaling.

Vibrasol elementen. In het kader van het vibrasol-project heeft het RCN in Petten twee vibrasolelementen voor Dodewaard gefabriceerd. De elementen zijn ter beschikking om tijdens de splijtstofwisselstop in januari 1972 in de reactor te worden geplaatst.

Tussenrooster. Ter verbetering van de recirculatie in de kern van de Dodewaard reactor, werd gezocht naar tussenroosters met geringere stromingsweerstand. Een door BNFL en een door RCN gefabriceerd element met nieuwe tussenroosters zullen tijdens de stop in januari 1972 in de reactor worden geplaatst.

Pu-elementen. De twee door Belgonucleaire (Mol) gefabriceerde Pu-elementen zijn tijdens de maart 1971 splijtstofwisselstop in de reactor geplaatst. De plutonium elementen zijn van het Pu-eiland type. Dit wil zeggen dat het Pu zich bevindt in 4 x 4 staafjes die geconcentreerd zijn in het centrum van het element; de omgevende staafjes bevatten uitsluitend uranium.

Het Pu-element B-200 is opgebouwd uit:

- 8 bevestigingsstaafjes gevuld met 25% verrijkt UO_2 -tabletten.
- 12 standaardstaafjes ten behoeve van de buitenste posities en eveneens gevuld met 2,5% verrijkt UO_2 -tabletten.
- 1 roosterstaaf gevuld met 2,5% verrijkt UO_2 -tabletten.
- 15 standaardstaafjes voor de overige posities, gevuld met UO_2 - PuO_2 mengoxide tabletten.

Het Pu-element B-201 is eender opgebouw, op drie posities na die door "vipac" UO_2 - PuO_2 staafjes worden ingenomen.

Tijdens de januari 1972 stop zal één van deze elementen worden geïnspecteerd en, indien mogelijk in verband met demontage van het bovenrooster, zal door middel van gamma-scanning de vermogensverdeling in het element worden bepaald.

1.8. De reactorvatinspectie

Zowel de veiligheid als de betrouwbaarheid van een nucleaire installatie worden bepaald door het ontwerp, de toegepaste materialen, de kwaliteit van de fabricage en de operationele omstandigheden.

De autoriteiten zullen bij het opstellen van hun voorschriften in het bijzonder de nadruk op de veiligheidsaspecten leggen, terwijl de elektriciteitsbedrijven daarnaast vooral hun belang zullen zien in een betrouwbare installatie waarbij de bedrijfsstoringen tot een minimum beperkt blijven.

In het laatste geval is een vroegtijdige signalering van eventuele foutindicaties van groot gewicht, ten einde met een minimum aan bedrijfsonderbrekingen de nodige maatregelen te kunnen treffen.

Het uit te voeren inspectieprogramma zal het stempel van deze gezichtspunten moeten dragen.

Hiermede is aangegeven dat de voorschriften en richtlijnen van de officiële instanties door de elektriciteitsbedrijven aangevuld dienen te worden om concreet aan de specifieke eisen die hun centrale stelt te voldoen.

De inspectie waarvan hier sprake is, omvat overwegend die componenten, welke deel uit maken van het primaire nucleaire systeem, waarvan over het algemeen het reactorvat de meeste aandacht vergt.

Tijdens een in mei 1970 geplande stop was het de bedoeling reeds enige inspecties aan het reactorvat uit te voeren. Voor een belangrijk deel konden deze inspecties toen echter niet worden gerealiseerd in verband met een voortijdige noodzakelijke stop in maart 1970. De voorbereidingen voor de inspectie werden daarna gericht op een meer uitvoerig onderzoek tijdens de splijtstofwisselstop in maart 1971. Deze inspectie wordt hieronder beschreven.

In de periode 1965-1968 is bij de bouw van het reactorvat (kokend water type reactor) nagenoeg geen rekening gehouden met toekomstige periodieke inspecties. Dit heeft ertoe geleid dat de reactor moeilijk inspecteerbaar is: vanaf de buitenkant is het vat langs de romp nauwelijks toegankelijk, aan de binnenkant zijn diverse obstakels (kabelgoten, staalmonsters etc.) bevestigd, die een systematisch US onderzoek van alle lasnaden over de gehele omtrek in de weg staan. Het vastopgeselde binnenwerk (onder andere schoorsteen en mantel) en de voedingwaterverdeler bemoeilijken een visuele inspectie beneden de voedingwaterverdeler; een ruimte van nauwelijks 30 cm is beschikbaar voor het inbrengen van inspectie-apparaat. Hierop gebaseerd zijn de volgende uitgangspunten:

- a. Het onderzoek zal een min of meer experimenteel karakter hebben in die zin, dat ervaring met zoveel mogelijk verschillende inspectietechnieken zal moeten worden opgedaan teneinde de meest geschikte methode onder de in Dodewaard heersende omstandigheden te kunnen voorstellen.
- b. Representatieve bereikbare gebieden zodanig te inspecteren, dat van een nulmeting kan worden gesproken, zodat toekomstige veranderingen onmiddellijk kunnen worden signaleerd.
- c. Enkele gebieden bijzonder intensief te onderzoeken in verband met gerezen problemen elders.

Met behulp van een inspectiebordes, dat hiervoor speciaal was gemodificeerd en uitgebreid, is het mogelijk alle inspectie-apparatuur gericht in het reactorvat te brengen. Het werkplatform staat draaibaar op de vatflens en is voorzien van een slede, welke radiaal op de vatflens kan worden bewogen. Op de slede zijn twee houders bevestigd, waarin de inspectie-apparatuur kan worden geklemd. In principe is hiermede elk willekeurig punt van het reactorvat bereikbaar.

Door middel van ultrasoon onderzoek werden boven in het reactorvat, boven de voedingwaterringpijp, onderzocht: twee rondnaden van het reactorvat, de las tussen een stomp (N4) en de vatwand, de bekleding bij deze stomp (N4) en een stuk machinaal gelaste bekleding en verder elf stuks reactorvattapeinden.

Bij het ultrasoon onderzoek werd met een rechte taster de bekleding en het materiaal gemeten en werden de lassen onderzocht op eventuele fouten evenwijdig met het oppervlak. Voor het lasonderzoek zelf werd gebruik gemaakt van prismatasters van 45° en werd gewerkt volgens de reflectiemethode en volgens het tandem of 2-taster systeem. De rechte taster bestaat uit 8 tasters achter elkaar gemonteerd. De prismataster bestaat eveneens uit 8 tasters. Om hierbij van het 1- op het 2-taster systeem over te gaan, was de apparatuur omschakelbaar.

Het onderzoek moet gezien worden als een nulmeting. Na een volgend onderzoek kunnen de dan gevonden resultaten vergeleken worden met die welke nu ter beschikking zijn gekomen. De registratie is geschied met een UV-schrijver. De algemene indruk is dat de onderzochte lassen en bekleding zich in goede conditie bevinden.

Bij het ultrasoon onderzoek van de reactorvattapeinden werden elf stuks vanuit de boring, bij aangehaalde tapeinden, en aan de buitenzijde, bij ongespannen tapeinden, ultrasoon onderzocht.

Visueel onderzoek met de endoscoop onderwater werd gedaan van: de voedingwaterringpijp, drie rondnaden van het reactorvat beneden de voedingwaterringpijp over een gedeelte van de omtrek en de reactorvatwand rond een stomp (N8) in de romp onder in het reactorvat. In de onderzochte plaatsen van de drukhuid zijn geen scheurindicaties gevonden. De sproeigaten in de binnenvoedingpijp zijn volledig open. Beneden de derde rondnaad is door vuilaanslag op de reactorvatwand de lasstructuur van de bekleding niet meer te herkennen.

Ook met een onderwater TV-camera werd een ongeveer gelijkwaardig programma onderzocht als met de endoscoop. In het bijzonder werden regelstaafstompen en de afvoer (N9) in de bodem van het reactorvat bekeken. In de onderzochte plaatsen van de drukhuid werden geen scheurindicaties gevonden.

Bij een gedeeltelijk droog reactorvat met het waterniveau 2,70 m onder de reactorvatflens werden aan een vloeistof penetrant onderzoek onderworpen: een stuk bekleding 40 x 40 cm ter hoogte van de eerste rondnaad, een stomp (N 4) aan de binnenzijde met inbegrip van het overgangsstuk ("safe end") naar de leiding, de reactorvatwand in een cirkel van 50 cm rondom deze stomp en de striplasjes van het thermisch schild dat in maart 1970 in de stomp (N2) in de retourleiding van de noodcondensor naar de reactor werd geplaatst. Afwijkingen of bijzonderheden werden niet geconstateerd.

Van het zojuist genoemde overgangsstuk aan stomp N4 werd tevens een structuur onderzoek gedaan. Hierbij moest in een hoog stralingsveld toch de gebruikelijke gang van zaken worden gevolgd, namelijk schuren, polijsten en etsen. De hierbij gebruikte apparatuur was voor het doel aangepast, dat wil zeggen voorzien van afstandhulpstukken. De gehele procedure is uitvoerig beproefd om de tijd in het reactorvat tot een minimum te beperken. Om de structuur met behulp van een microscoop te kunnen onderzoeken, is een afdruk van de geëetste plaats, een zogenaamde "replica" gemaakt.

Het structuuronderzoek aan het "safe end" van stomp N4 is in zoverre interessant, dat naast de vaststelling van een lichte carbide uitscheiding langs praktisch de gehele omtrek van de kristalgrenzen, een sterke materiaal-deformatie wordt waargenomen. Hiervan zijn in grote hoeveelheid voorkomende glijlijnen het uiterlijk teken. Een volledig bevredigende verklaring hiervoor is nog niet gevonden, al zijn er aanwijzingen dat een vervorming bij de mechanische bewerking gedurende de fabricage een oorzaak kan zijn.

Verder onderzoek van de replica afdruk gaf een kratervormig scheurtje te zien van minimale afmetingen (1 mm). Vastgesteld kon worden, dat het hier een laselektrode contactplaats betrof.

Magnetisch onderzoek is verricht aan de buitenzijde van het reactorvatdeksel: bovenste rondnaad van stomp N1 in het reactorvatdeksel en een tijdens de april 1970 stop weggeslepen scheurtje aan de omtrek in de overgang flens-deksel. Ook hiervan zijn geen bijzonderheden te melden.

1.9. Radioactieve afvalbehandeling

Regelmatig werd met behulp van de schrootpers vast radioactief licht besmet afval verperst in 90 liter vaten; dit afval betreft voornamelijk isolatiemateriaal, filters, kleding en schoonmaakmateriaal. De totale verwerkingscyclus tot en met verzending naar Petten levert geen moeilijkheden doch neemt wel veel manuren werk in beslag.

Tot en met 1971 werden 316 90 liter vaten met 2 tot 3 balen verperst afval per vat verwerkt. 100 vaten van deze hoeveelheid moeten worden toegeschreven aan de ombouwwerkzaamheden rond de turbine, 216 vaten kunnen als normaal regelmatig afval per jaar worden beschouwd.

De afvalindampinstallatie wordt vooral gebruikt ten behoeve van het verwerken van de regeneranten van de ionenwisselaars; de in dit afvalwater aanwezige vaste stoffen leveren wel problemen, er zal nog een voorziening moeten worden getroffen om deze te verwijderen vóór het afvalwater aan de indamper wordt toegevoerd. Voor afvalwater zonder vaste stoffen werkt de indamper zeer bevredigend.

Nadat verbeteringen zijn aangebracht aan de installatie voor verwerking van sterk radioactief (ongeveer 10 Ci/m³) ingedikt vloeibaar afval werden enige 200 liter vaten gevuld met een mengsel van cementpap en ongeveer 15 liter afval. Voor een gemiddelde aanvoer van 5 m³ afval per jaar betekent dit voor de nu geldende stralingsnormen voor vervoer een productie van ongeveer 300 vaten; ook deze verwerking is zeer bewerkelijk en hoewel een groot deel van het proces vanaf afstand kan worden bestuurd, wordt in de loop van de gehele verwerkingscyclus en speciaal bij de behandeling van de gevulde vaten en bij het onderhoud van de installatie toch nog een niet te verwaarlozen stralingsdosis opgelopen. Nu de kernenergiecentrale te Dodewaard enige jaren in bedrijf is, er een indruk is verkregen in de aard en hoeveelheid der radioactieve afval en ook met de afvalverwerking en -afvoer ervaring is verkregen, valt het op dat dit voor kernenergiecentrales uitgesproken gemeenschappelijke probleem zo individueel en op uiteenlopende wijze wordt aangepakt. Voor de verwerking van de naar volume toch betrekkelijk geringe hoeveelheid radioactieve afval die per jaar vrijkomt worden per centrale omvangrijke en dure installaties gebouwd, die per jaar echter slechts een gering aantal weken in bedrijf zijn. Het zou mogelijk moeten zijn het radioactieve afval in onbewerkte toestand bij de centrale op te halen om dit centraal te verwerken, zoals dit ook met opgebrande splijtstofelementen in centrale opwerkingsinstallaties geschiedt.

Hiermede bereikt men dat betere installaties efficiënter worden gebruikt door geroutineerd personeel, er betere controle mogelijkheden zijn en meer uniforme verpakings-, transport- en opslagmethoden worden toegepast. Gezien de financiële, technische en milieuhygienische aspecten is dan wel internationale samenwerking noodzakelijk. Een probleem hierbij is onder andere de uiteindelijke opslag van het afval, een land met zoutmijnen die hiervoor geschikt zijn zal deze - zeker als de capaciteit beperkt is - niet snel ter beschikking stellen voor het afval van andere landen. Hier ligt echter nog een belangrijk werkterrein voor particulier initiatief en ambtelijk overleg.

1.10. Werkzaamheden 1972

Direct in begin januari zal de centrale uit bedrijf worden genomen voor het herladen van de kern, er zullen 42 nieuwe splijtstofelementen worden geplaatst. Getracht zal worden de reactor daarna zo spoedig mogelijk op 183 MWt te gaan bedienen, dat wil zeggen dat de centrale hierbij een bruto vermogen van ongeveer 58 MWe zal gaan leveren; een en ander is afhankelijk van de snelheid waarmede toestemming van de autoriteiten kan worden verkregen.

Half oktober volgt dan een tweede bedrijfsonderbreking, waarbij een aantal extra elementen in de kern zal worden geplaatst om vervolgens de reactor een vermogen van 195 MWt te laten maken, overeenkomend met een bruto centrale vermogen van ongeveer 62 MWe. Om dit vermogen door de turbine te kunnen doen leveren zal de werkdruk moeten worden verhoogd; hiertoe zullen berekeningen en beproevingen moeten worden gedaan voor het verkrijgen van Stoomwezen vergunningen. Ook zullen - uitgaande van het vermogen van 183 MWt - metingen moeten worden verricht met 195 MWt reactorvermogen, waarvan dan een gedeelte door de omloop van de turbine moet worden opgenomen, teneinde deze resultaten bij de aanvraag om vergunning aan de autoriteiten te kunnen overleggen. Hierbij zullen nog diverse berekeningen moeten worden gevoegd, onder andere over de stabiliteit van het systeem bij de verhoogde werkdruk.

Voor 1972 staan diverse revisies van grotere apparaten op het programma, onder andere van een hoofdkoelwaterpomp, een hoofdcondensaatpomp, een voedingwaterpomp, een pakkingbusventilator, een luchtcompressor en de turbineregelkleppen. Verder is voor de januari-stop in overleg met de Dienst voor het Stoomwezen een uitvoerig programma van inspecties, keuringen en beproevingen samengesteld. Het betreft dan periodieke keuringen en beproevingen, tussentijdse inspecties alsook beproevingen nodig in verband met het verhogen van de reactordruk tot 80 ata.

In de eerste helft van 1972 zal een "campagne" worden gehouden ter verwerking en afvoer van de in voorgaande jaren opgezamelde radioactieve niet-vaste afval. Het gaat hier om afgewerkte harsen, precoatpoeder, concentraat van de indampinstallatie en materiaal uit de voorcyclonen; dit materiaal wordt in kleine hoeveelheden met cement vermengd gestort in van betonnenafscherming voorziene stalen 200 liter vaten.

Als belangrijkste modificaties en verbeteringen zijn onder meer gepland: wijziging twee hoofdstoomisolatieafsluiters opdat sneller onderhoud kan plaats vinden; uitwisseling bestaande tegen zwaardere Aruematkleppen ter voorkoming waterslag in het condensorkoelwatersysteem en beschadiging der kleppen; plaatsing van een nieuwe viertraps pomp met "canned motor" in het reactorwaterzuiveringssysteem; zuivering van opgeloste deeltjes in toevoer afvalindampinstallatie; uitrusting van de sleepringen van de 65 MVA generator rotor met borstelhouders, waarin de borstels tijdens bedrijf kunnen worden vervangen; voorziening van de motorgeneratorsets met synchroniseerapparatuur; aan de hand van opgedane ervaring kleine modificatie programma datalogger, en verdere uitbreiding en verbetering van het afstands- en inspectie gereedschap.

Als belangrijkste door de Arnhemse Instellingen te verrichten studies - voor zover te voorzien - kunnen worden genoemd: veiligheidsevaluaties 195 MWt, gevolgen drukverhoging, transientenstudies, vergunning aanvragen voor 183 en 195 MWt, het gebruik van slijtend gif in nieuwe kernen ter verkrijging van een jaarcyclus, nieuwe in-core bronnen, nabestralingsonderzoek splijtstofelementen, onderzoek materiaal voor bouten en betere flensafdichting van regelstaafaandrijfmechanismen en inspectieplan voor reactorvat inclusief "safe ends" en primair systeem.

Het bovenstaand programma voor 1972 illustreert hetgeen in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk werd opgemerkt namelijk dat 1971 kan worden gezien als de afsluiting van een aanloopfase van drie jaar waarin de installatie is aangepast en waarin grotere modificaties en verbeteringen zijn aangebracht, die in de volgende jaren niet meer worden verwacht. Afgezien van ernstige onvoorziene gebeurtenissen zullen in de komende jaren de grotere werkzaamheden vooral bestaan uit splijtstofwisseling, inspectie van reactorvat en primair systeem en revisie van turbine en generator.

2. REACTORFYSICA EN THERMOHYDRAULICA

2.1. Algemeen

Op 24 januari van dit jaar werd de laatste regelstaafstap uit de reactor uitbewogen. Op die dag was de gemiddelde versplijtingsgraad van de kern 10.330 MWd/tonU. Er werd aangetoond dat een economisch voordeel bereikt kon worden door een uitlooperperiode (derating) van twee maanden te hebben. In een dergelijke uitloop zal het vermogen langzaam afnemen, de dampbelfractie in de kern neemt diensengevolge af, en de daardoor beschikbaar komende reactiviteit wordt gebruikt voor versplijting. Op deze manier kan de reactor in bedrijf gehouden worden hoewel het vermogen met ongeveer 10% per maand afneemt.

Een dergelijke uitlooperperiode is in het bijzonder aantrekkelijk voor de eerste kernlading, omdat men voor de eerste herlading splijtstof met een relatief lage versplijting zou moeten ontladen. Om deze reden werd de begindatum van de stop niet bepaald op 24 januari, maar werd deze verschoven naar 15 maart van dit jaar. De daarmee corresponderende versplijting van de kern was op deze laatste datum 11.130 MWd/tonU.

Om het herladingspatroon te bepalen werd een groot aantal twee dimensionale diffussie berekeningen van een kwart kern uitgevoerd.

Vier typische voorbeelden daarvan worden gegeven in figuur RPH-I.

Het schema S13-1 werd tenslotte gekozen vanwege de hoge waarde van k_{eff} die met twee en vijftig elementen bereikt kon worden.

De hogere vermogenspiek van de ongecontroleerde kern die daarbij optreedt wordt niet beschouwd als een groot nadeel, daar de ervaring geleerd heeft dat een vermogenspiek van 1,6 met de regelstaven binnen redelijke grenzen gebracht kan worden.

Vergelijking van S13-1 met S14-1 laat de grote invloed van de herladingsverdeling op k_{eff} zien. Blijkbaar is het zelfs mogelijk om een lagere k_{eff} te krijgen met meer verse splijtstof.

De zoneherladingen Z13-1 en Z13-2 geven een zeer vlakke vermogensverdeling, maar een daarmee overeenkomende lage k_{eff}

Behalve de bovengenoemde herladingspatronen zijn ook herladingspatronen met minder elementen berekend om voorbereid te zijn in het geval dat de subkritikaliteitsmarge bereikt zou worden, voordat alle splijtstof geladen was. Tijdens het laden bleek dit een overbodige voorzorg te zijn geweest. De subkritikaliteitsmarge was berekend op 0,2% en hoewel het gebruik van twee plutonium elementen deze berekening enigszins verstoorde hebben de metingen aangetoond, dat de subkritikaliteitsmarge goed benaderd was. Deze nauwkeurigheid werd bereikt, doordat de berekeningsresultaten met werkelijke waarden vergeleken konden worden op het moment dat de absorptieplaten juist uit de kern waren gehaald zoals vermeld in het vorige verslagjaar.

Door het laden van twee en vijftig nieuwe elementen werd de versplijting teruggebracht tot 6615 MWd/tonU of wel 615 MWd/tonU hoger dan direct na het ontladen van de absorptieplaten. De radiale versplijting van de elementen voor en na de splijtstofwisseling in maart/april 1971 is weer gegeven in figuur RPH-II.

Met behulp van FLARE is de driedimensionale vermogensverdeling, tijdens de cyclus, gevolgd. De belangrijkste resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel-I en de bijbehorende figuur RPH-III. De laatste kolom is een maat voor de convergentie van de vermogensverdeling. De dampbelfractie is het gemiddelde binnen de splijtstofbussen over de kern. De axiale piekfactor is eveneens een gemiddelde over de geheel kern. De invoer van deze FLARE berekeningen werd verzorgd door het nieuw ontwikkelde programma INFLATIP. De "void-quality fit" in FLARE is aangepast aan de nieuwste gegevens. De uitlooperperiode (stap 12) was niet beëindigd op het moment dat de berekeningen uitgevoerd werden. De vermogens van de kern zijn in figuur RPH-III steeds weergegeven waarbij 100 overeenkomt met 163,4 MW(th).

2.2. Rekenprogramma's

Het rekenprogramma TIPPEL werd in deze verslagperiode verder geoptimaliseerd en tevens geschikt gemaakt voor opbrandberekeningen zoals dit reeds met het programma FLARE mogelijk was. Enige resultaten zijn gegeven in Tabel-II.

De invoer voor dit type berekeningen wordt via het tussen programma INFLATIP (Invoer FLARE en TIPPEL) uit bedrijfsgegevens per wacht (regelstaafpatronen plus warmtebalansen) onder andere rechtstreeks in de vorm van ponskaarten verkregen. Tevens worden door dit programma karakteristieke reactorbedrijfsgrootheden, zoals reactorvermogen, cyclus MWd enzevoort, als functie van de tijd berekend en/of via de printer uitgevoerd.

De maart-april-stop. Kort voor deze stop werden zogenaamde "flux-tilting" metingen gedaan waarbij gezocht wordt naar beschadigde of lekkende splijtstofstaven. Dit berust erop dat het vermogen in een bepaalde plaats van de reactor, hetzij sterk wordt vergroot of juist sterk wordt verlaagd. Bij deze metingen werd echter geen verandering in de afgasactiviteit geconstateerd. Daar de afgas activiteit reeds zeer laag was, van de orde van 100 micro curie per seconde is de conclusie gerechtvaardigd dat er nog geen beduidende lekkage van de splijtstof aanwezig was.

De temperatuurscoëfficiënt werd gemeten als functie van de temperatuur voor en na de splijtstofwisseling. Het meten van deze coëfficiënt is een veiligheidseis.

De resultaten van de metingen zijn te zien in figuur RPH-IV. Het is duidelijk uit deze figuur dat de nauwkeurigheid van de metingen niet erg groot is. In het bijzonder de coëfficiënten die kort na de stop gemeten werden vertonen een grote spreiding. Een moeilijkheid bij deze metingen is het vinden van een representatieve temperatuur. Deze moeilijkheid wordt nog vergroot in een kern, waarin een tamelijk grote vervalwarmte vrijkomt.

Dit verandert echter niets aan het feit dat een meer positieve temperatuurcoëfficiënt gezien werd bij lage temperatuur, kort na de stop, dit in overeenstemming met de verwachting dat de temperatuurscoëfficiënt toeneemt met de versplijting.

Bij de twee en vijftig nieuwe elementen, die werden geladen, waren er drie van een speciale uitvoeri , twee plutonium houdende elementen en een geïnstrumenteerde splijtstofbundel.

De twee plutonium elementen zijn gefabriceerd door Belgo Nucléaire en zijn van het plutonium-eiland type zoals men kan zien in figuur RPH-V.

Voordat deze elementen in de kern geplaatst werden zijn bestralings- en substitutiemetingen uitgevoerd. Voor dit doel was het centrale deel van de oude kern gevuld met nieuwe Uranium elementen (de nummers 1 tot 9 in figuur RPH-VI).

De resultaten van deze metingen tonen, dat met de regelstaaf uit, het plutoniuumelement 1,37% meer reactief is dan een uraniumelement en dat met D4 in k_{∞} zelfs 1,70% hoger in reactiviteit is voor een plutoniuumelement dan voor een uraniumelement.

Dat betekent, dat de waarde van een regelstaaf met 330 pcm afgenomen is, hoewel slechts een kwart van de regelstaaf aan een plutoniuumelement grenst. Dit resultaat kwam enigszins onverwacht aangezien de berekeningen van k_{∞} voor beide elementen een enigszins lagere waarde van k_{∞} voor een plutoniuumelement opgeleverd hadden.

Echter deze k_{∞} was berekend voor een plutoniuumelement omgeven met plutoniuumelementen (reflecterende grenzen). Latere berekeningen hebben getoond dat een plutoniuumelement, dat omringd is door uraniumelementen, inderdaad een hogere reactiviteit heeft. Blijkbaar veroorzaakt het zachtere neutronenspectrum van het omringende uranium dit effect.

In dezelfde kernconfiguratie werd een van de plutoniuumelementen bestraald, na bestraling werd het element uit elkaar genomen en na tien dagen werd van alle staven de gamma-activiteit bepaald. De daarvoor gekozen gamma-piek was de 1,596 MeV. van La-140, in dit geval gemeten met een natrium-jodide-kristal. De benodigde tijd en het vermogen, waarbij de bestraling plaatsvond, was zeer zorgvuldig gekozen, het niveau van de totale gamma-activiteit was zo laag gehouden dat het nog mogelijk was het element met de hand uit elkaar te nemen en toch hoog genoeg om een goede telsnelheid in de La-140-piek te geven. Na correctie voor het verschil in splijtingsvermogen en de opbrengst van La-140 voor uranium- en plutoniumisotopen werd de lokale vermogensverdeling in het element gevonden, zoals getoond in figuur RPH-VII.

Deze vermogensverdeling moet vergeleken worden met de theoretisch gevonden verdeling in het element.

Echter deze vergelijking met de berekeningen in een oneindig uitgestrekt rooster zijn niet realistisch, aangezien de macroscopische vermogensverdeling van de kern op de vermogensverdeling binnen het element moet worden gesuperponeerd. Om dit effect te simuleren moeten dus zeer uitvoerige berekeningen uitgevoerd worden.

De resultaten van deze berekeningen geven de theoretische verdeling van figuur RPH-VII. Het is duidelijk dat naast de macroscopische verdeling ook de presentatie van plutonium in de berekeningen verbeterd zal kunnen worden.

Aan de oude ontladen elementen zijn tevens gamma-intensiteits-metingen uitgevoerd. Het oorspronkelijke plan was de hoekstaafjes van de ontladen splijtstofelementen op La-140 te scannen. In de oorspronkelijke opstelling waren echter zowel de detector als het splijtstofelement in het opslagbassin geplaatst, wat een veel te hoge achtergrond gaf veroorzaakt door de radioactieve verontreiniging van het bassinwater. Daarom werd een nieuwe meetmogelijkheid gebouwd, waarbij de detector zich buiten het opslagbassin bevindt, zie figuur RPH-VIII.

Deze faciliteit kwam klaar zes maanden na de reactor-stop. Dit betekende dat de kortlevende activiteit van La-140 niet langer gebruikt kon worden. In plaats daarvan werd de gamma-emissie van het isotoop Pr-144, de dochter van Ce-144, genomen; welk isotoop 284 dagen halveringstijd heeft. De resultaten van deze metingen worden getoond in figuur RPH-IX. De lange vervaltijd van de Pr-144-reeks betekent, dat de vermogensverdeling die gevonden wordt, in feite een tijdsgewogen gemiddelde van de laatste maanden voor de reactor-stop is, zie figuur RPH-X.

Uit deze figuur kan men zien dat de genormaliseerde Pr-activiteit lijkt op de versplijtingsverdeling, maar dat deze activiteit toch nog zeer veel invloed ondervindt van de vermogensverdeling van de laatste weken voor de reactor-stop.

2.3. Geïstrumenteerd splijtstofelement

Met het geïstrumenteerde splijtstofelement (IFA) in positie 57-11 van de kern werden als functie van het reactorvermogen, van 0 MW(th) → 173,0 MW(th), de volgende grootheden gemeten.

- axiale temperatuursverdeling over de IFA met de thermokoppels
- stromingsdebiet door de IFA met de turbinedebietmeter
- axiale neutronenfluxverdeling in het centrumgedeelte van de IFA met de splijtings ionisatie kamertjes
- variaties in de uitlaatdampbelfractie van de IFA met de Halden-dampbelfractiemeter.

Hoewel de vertaling van deze meetgegevens naar karakteristieke waarden voor de gehele kern niet geheel eenduidig is kan zeker gesteld worden dat de IFA tot een verder fysisch en thermohydraulisch inzicht in het gedrag van de kern heeft geleid. Met name geldt dit voor dezelfde metingen uitgevoerd bij het reactorvermogen van 182,5 MW(th), waarbij vooral de stabiliteit van het reactorsysteem nauwkeurig in het oog gehouden werd.

De meetresultaten en de resultaten van het programma TIPPEL en BORREL voor dit vermogen kwamen goed overeen met eerder uitgevoerde voorspellende berekeningen. Dit alles toont dat ook bij een reactorvermogen van 183 MW(th) de reactor binnen de gestelde criteria bedreven kan worden. Het ligt in de bedoeling om na verkregen toestemming van de Reactorveiligheidsautoriteiten de reactor inderdaad op dit vermogen te gaan bedrijven.

2.4. Tweede splijtstofcyclus

Op 2 december 1971 waren de regelstaven, bij normaal bedrijf, voor het eerst geheel uit tijdens de tweede cyclus. Reeds eerder tijdens de tweede cyclus waren alle regelstaven tijdelijk uit namelijk op 25 november 1971. Het vermogen was toen 182,5 MW(th). Het vermogen van de reactor bedroeg op dat moment ongeveer 176 MW(th) bij een druk van 73,3 bar en een reactorwaterniveau van -10 cm. Het vermogen van de kern als functie van de versplijting is weergegeven in figuur RPH-XI. Op 13 december 1971 is het waterniveau op de normale waarde van 0 cm gebracht. Het vermogen van de kern nam hierdoor ongeveer 2 MW(th) toe. De drie afwijkende meetpunten op 27 en 28 december 1971 zijn mogelijk een gevolg van reactordruk variaties. De afname van het vermogen in MW per MWd/tonU bedraagt voor de eerste periode (-10 cm niveau): 29,5 MW per 1000 MWd/tonU en voor de tweede periode (+0 cm niveau) 34,3 MW per 1000 MWd/tonU. In MW(th) per 1000 MWd/tonU wordt dit 0,00311 per dag voor de eerste periode en 0,00362 voor de tweede periode. De specifieke versplijting met alle staven uit en 163,4 MW(th) was voor de gehele kern 10956 MWd/tonU. Dit getal is direct te vergelijken met de waarde van 10330 aan het eind van de eerste cyclus. Het verschil bedraagt 626 MWd/tonU. De bijbehorende cyclusduur in MWd/tonU was 4330 voor de eerste cyclus, na verwijderen van de tijdelijke absorptieplaten, en 4341 voor de tweede cyclus.

2.5. Meting van de stoombellenfractie

In de maanden maart en december 1971 (derating periodes waarbij alle regelstaven uit de kern bewogen waren) zijn met behulp van het niet-automatische neutronenijksysteem metingen verricht ter bepaling van spectrum-indices als functie van de hoogte in de kern. Vergelijking van spectrum-index waarden met nauwkeurige berekeningen zal moeten leiden tot de bepaling van de stoombellenvolumefractie (α) als functie van de hoogte. Uit de metingen blijkt dat bij gebruikmaking van Au-197 als resonantie absorberent en Dy-164 als $\frac{1}{V}$ -absorberent een spectrum-index wordt verkregen die een redelijke gevoeligheid toont bij variaties in de stoombellenvolumefractie.

$$\left(\frac{d(S.I.)}{d(\alpha)} \right) \approx 0,6$$

Verdere berekeningen met behulp van de computercode THERMOGENE zullen uitwijzen in hoeverre een nauwkeurige meetmethode ter bepaling van de stoombellenfractie mogelijk is.

2.6. Spectrum-analyse programma

Het in het vorige jaar ontwikkelde gamma-spectrum analyserende programma SANA is nu met behulp van een aangepaste bibliotheek en een gewijzigde beslissingsprocedure in staat de belangrijkste isotopen te herkennen. De nodige aandacht wordt nog besteed aan doubletten en stoorpieken. Eveneens zal nog worden nagegaan in hoeverre het mogelijk is het spectrum van een bepaald monster zodanig op te nemen, dat het programma optimaal kan functioneren.

Tabel-I FLARE resultaten cyclus 2 Dodewaard

cycle 2 case	Expos. MWd/tU	Δ Exp. MWd/tU	Power %	K _{eff}	Δk_{lek} %	P _{tot} %	P _{rad} %	P _{ax.} %	Void %	conv. %	Remarks
0	0	0	112.0	1.0622	8.35	208	141	145	41.1	2.1	All rods out
1	0	184	86.8	1.0136	8.76	200	142	128	28.8	1.0	
	184	---	86.8	1.0110	8.80	198	141	128	28.8	.8	
2	184	159	102.7	1.0091	8.81	191	143	130	32.5	.8	
	343	---	102.7	1.0068	8.84	191	142	130	32.5	.8	
3	343	351	105.4	1.0112	8.80	1.78	145	128	33.9	1.0	
	693	---	105.4	1.0059	8.88	1.76	144	127	34.1	.7	
3a	693	---	105.7	1.0084	8.88	1.74	143	128	34.1	.7	
4	693	381	103.3	1.0124	8.92	1.68	144	126	34.1	.9	
	1075	---	103.3	1.0067	8.99	1.66	143	125	34.2	.7	
5	1075	509	105.7	1.0107	9.39	188	138	130	37.2	2.1	
	1584	---	105.7	1.0027	9.51	186	137	130	37.6	.9	
6	1584	570	105.6	1.0086	9.57	184	140	127	37.8	.8	
	2154	---	105.6	1.0006	9.65	180	139	125	37.7	.9	
6a	2154	---	105.5	1.0044	9.52	171	138	119	37.0	1.6	
7	2154	399	105.6	1.0069	9.41	164	138	116	36.5	1.2	
	2553	---	105.6	1.0015	9.45	162	137	116	36.3	1.0	
8	2553	322	105.4	1.0066	9.27	169	140	118	36.3	1.3	
	2875	---	105.4	1.0018	9.33	167	139	117	36.4	1.0	
9	2875	205	105.3	1.0054	9.24	169	140	120	36.4	1.4	
	3080	---	105.3	1.0024	9.27	167	139	120	36.4	1.3	
10	3080	398	103.6	1.0097	8.21	187	143	125	36.4	2.6	
	3478	---	103.6	1.0032	8.33	186	142	125	36.7	1.4	
11	3478	411	107.8	1.0082	8.58	184	137	132	38.4	2.0	
	3889	---	107.8	1.0018	8.68	182	136	131	38.5	1.4	
11a	3889	---	112.0	1.0039	9.11	194	134	143	41.3	2.3	All rods out
12	3889	655	100.0	1.0089	9.04	194	134	142	38.2	1.3	Derating
	4544	---	100.0	.9993	9.17	185	133	137	37.9	1.6	All rods out
	0	3858	112.0	1.0054	7.89	199	137	144	41.1	1.7	Cycle 3*
	3858	---	112.0	1.0085	8.74	158	131	122	38.7	1.0	

Tabel-II Karakteristieke grootheden tijdens tweede cyclus Dodewaard

(Resultaten uit opbrandberekeningen volgens programma TIPPEL over periode 18-4-'71 → 10-1-'72)

Datum	In- ter- val (u- ren)	Q react (MW th)	P _{rad}	P _{ax} kern	P _{tot}	Positie P _{tot}		P _{lok}	Max. Q buned (MWth)	Max. uit- laat α (%)	MHF (W/ cm ²)	MCHFR	MFT (°C)	Op- brand stap (MWd/ tU)	Totale opbrand (MWd/tU)
						Rad	Ax. pos								
04-05	344	144.9	1.520	1.235	2.059	9	15	1.305	1.411	67.7	100.7	2.63	2149	219	6833
10-05	265	170.1	1.523	1.196	2.012	9	14	1.303	1.661	71.7	115.4	2.28	2422	198	7031
24-05	263	172.3	1.521	1.175	1.956	9	16	1.301	1.679	72.0	113.4	2.32	2383	199	7230
01-06	184	172.6	1.506	1.162	1.928	9	16	1.298	1.667	71.9	111.8	2.35	2354	139	7369
18-06	219	163.8	1.511	1.139	1.881	9	20	1.296	1.586	70.6	103.0	2.56	2191	158	7527
24-06	214	172.6	1.513	1.131	1.867	9	20	1.295	1.674	71.9	107.5	2.45	2275	162	7689
02-07	303	172.6	1.450	1.299	2.000	9	16	1.294	1.605	71.0	115.6	2.28	2424	230	7919
23-07	368	172.7	1.436	1.240	1.906	9	16	1.290	1.590	70.8	109.9	2.40	2318	279	8198
30-07	272	172.5	1.489	1.278	1.932	9	20	1.291	1.645	71.6	110.7	2.37	2335	206	8404
18-08	344	172.8	1.469	1.203	1.803	9	20	1.280	1.627	71.3	103.2	2.55	2194	261	8665
27-08	664	172.4	1.463	1.164	1.756	9	20	1.276	1.617	71.2	100.0	2.63	2135	502	9167
20-09	144	171.7	1.463	1.189	1.798	9	21	1.271	1.611	71.1	100.3	2.62	2142	109	9276
01-10	281	172.6	1.455	1.159	1.713	3	19	1.273	1.609	71.1	97.4	2.70	2087	213	9489
12-10	272	172.1	1.447	1.153	1.746	9	20	1.267	1.596	70.9	97.3	2.70	2087	205	9694
21-10	200	157.6	1.489	1.283	1.971	9	20	1.264	1.504	69.3	101.6	2.60	2165	139	9833
01-11	152	176.4	1.479	1.849	1.942	9	21	1.263	1.672	72.0	111.9	2.35	2357	118	9951
04-11	183	176.0	1.464	1.237	1.912	3	20	1.245	1.652	71.7	109.2	2.41	2307	141	10092
16-11	376	176.2	1.434	1.272	1.863	3	20	1.242	1.620	71.3	106.6	2.47	2258	291	10383
06-12	1080	162.4	1.401	1.356	1.937	3	20	1.219	1.459	68.7	99.2	2.66	2122	770	11153

α = dampbelfractie

MHF = maximale warmteflux

MCHFR = minimale kritische warmteflux verhouding

MFT = maximale splijtstoftemperatuur

1.47 10	1.50 10	1.57 10	1.29 10	1.15 10	0.75 10	0.55 8
10	1.60 10	1.41 10	1.33 10	1.00 10	0.78 10	0.51 8
10	10	1.39 10	1.12 10	0.95 10	0.64 8	0.48 8
10	10	10	1.01 10	0.74 8	0.63 8	
10	10	10	10	0.67 8		
10	10	8	8			
8	8	8				

S 13-1

52 new elements
 $k_{eff} = 1.0888$

1.31 10	1.32 10	1.33 10	1.37 10	1.08 10	0.88 10	0.61 8
10	1.34 10	1.43 10	1.23 10	1.11 10	0.79 8	0.56 8
10	10	1.27 10	1.22 10	0.95 8	0.74 10	0.53 8
10	10	10	0.98 10	0.84 10	0.70 8	
10	10	8	10	0.75 8		
10	8	10	8			
8	8	8				

S 14-1

56 new elements
 $k_{eff} = 1.0839$

1.17 10	1.17 10	1.17 10	1.18 10	1.25 10	1.02 10	0.70 8
10	1.17 10	1.17 10	1.17 10	1.20 10	0.94 10	0.63 8
10	10	1.18 10	1.24 10	1.07 10	0.75 8	0.58 8
10	10	10	1.11 10	0.83 8	0.72 8	
10	10	10	10	0.77 8		
10	10	8	8			
8	8	8				

Z 13-1

52 new elements
 $k_{eff} = 1.0776$

1.27 10	1.25 10	1.20 10	1.13 10	1.04 8	0.86 8	0.77 10
10	1.22 10	1.18 10	1.11 10	1.02 8	0.85 8	0.73 10
10	10	1.14 10	1.10 8	0.98 8	0.86 10	0.73 10
10	10	10	1.03 8	0.96 10	0.92 10	
10	10	8	10	0.98 10		
8	8	8	10	10		
8	8	10	10			
10	10	10				

Z 13-2

52 new elements
 $k_{eff} = 1.0585$



new fuel



1.17 power sharing factor
 10 burnup in MWd/kg

Some typical reload patterns

KERN VAN DE DODEWAARD - REACTOR .

14,06	13,96	13,64	13,10	12,14	10,62	7,50
13,98	13,96	13,62	12,95	11,91	10,34	7,26
13,70	13,67	13,28	12,50	11,34	9,71	6,67
13,23	13,10	12,61	11,68	10,29	8,18	
12,28	12,07	11,47	10,34	8,27		
10,72	10,44	9,80	8,22			
7,56	7,32	6,73				

Radiale opbrandverdeling vóór de eerste splijtstofwisseling,
uitgerekend m.b.v. FLARE (in MWd/kgU)

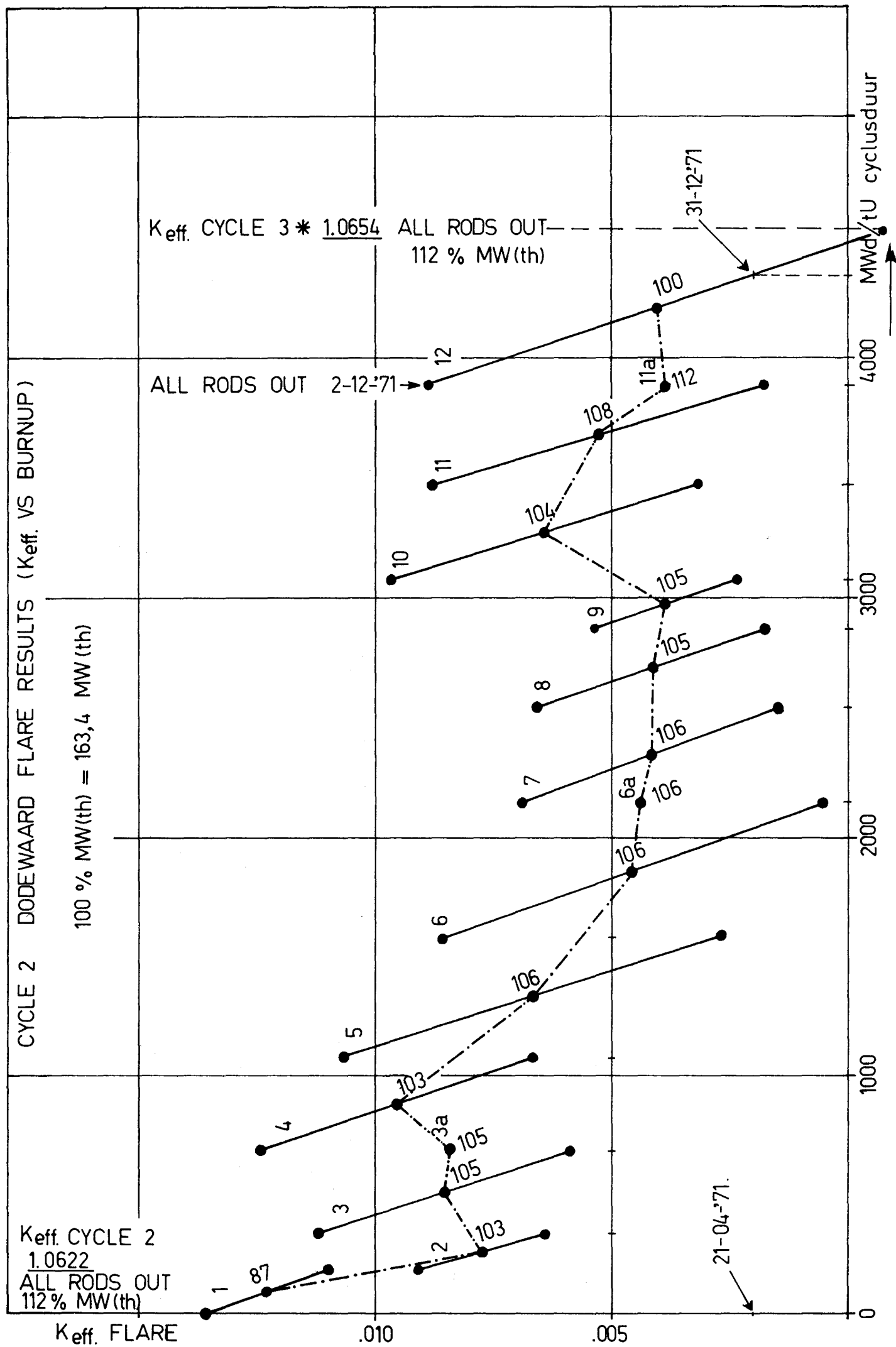
Gemiddelde opbrand van de 52 uit de kern genomen
elementen : 13,56 MWd/kgU .

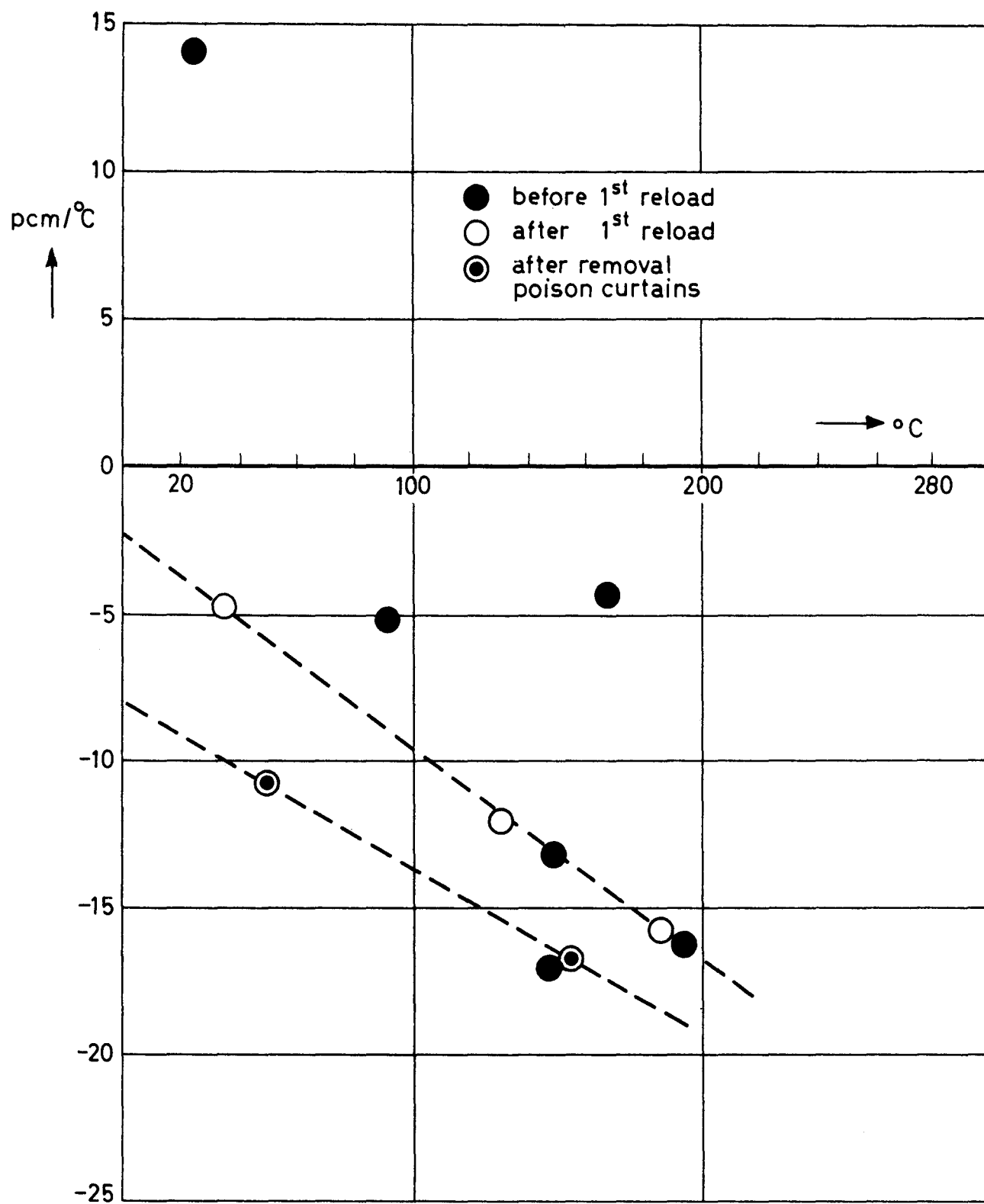
Gemiddelde opbrand over de gehele kern van 156 elemen-
ten : 11,13 MWd/kg U .

11,68	12,50	0,0	11,91	0,0	10,62	7,50
12,61	0,0	12,14	0,0	10,34	0,0	7,26
0,0	12,28	0,0	11,34	0,0	9,71	6,67
12,07	0,0	11,47	0,0	10,29	8,18	
0,0	10,44	0,0	10,34	8,27		
10,72	0,0	9,80	8,22			
7,56	7,32	6,73				

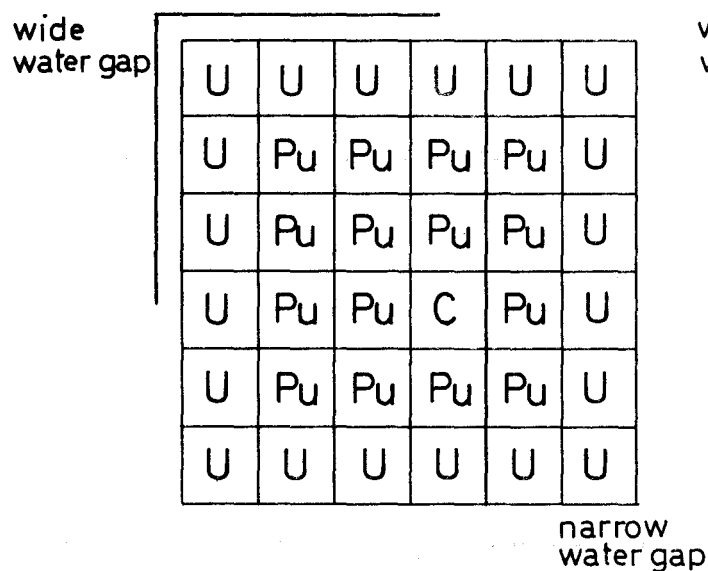
De radiale opbrandverdeling na de eerste splijtstofwisseling

Gemiddelde opbrand over de gehele kern van 156 elemen-
ten : 6,61 MWd/kgU

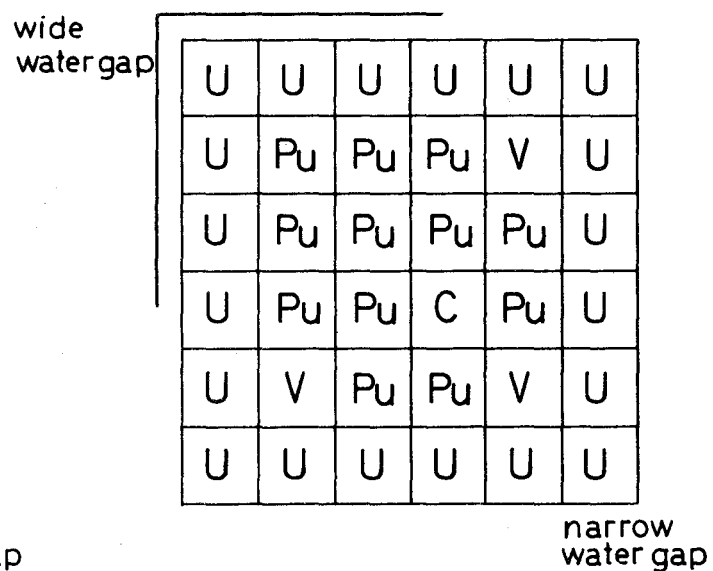




Temperature coefficient as a function of temperature



reference plutonium assembly



advanced plutonium assembly

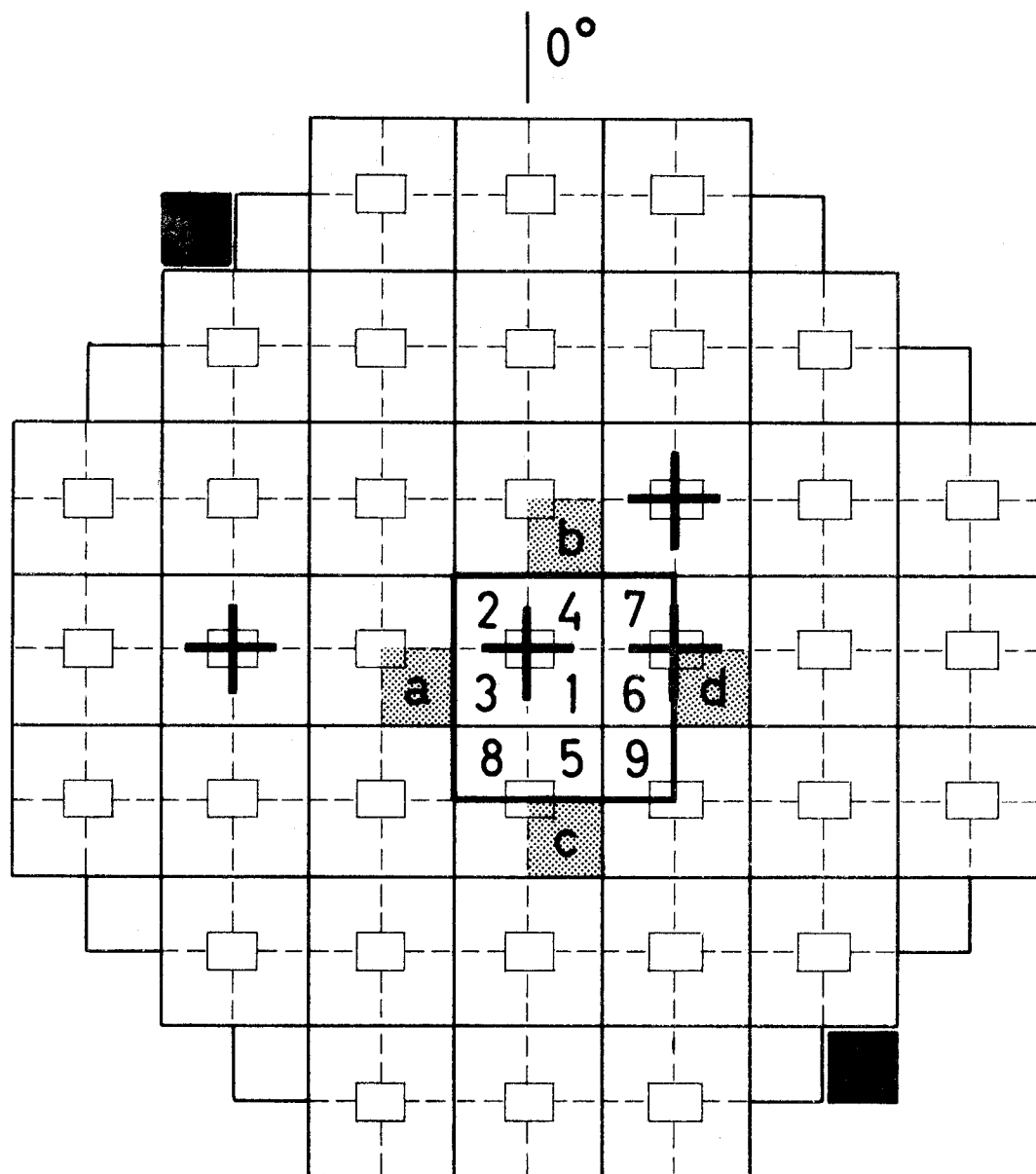
U standard 2.5 W/O U 235 enriched UO_2 rods

Pu pelletized UO_2-PuO_2 rods

V vibrated UO_2-PuO_2 rods

C spacer capturing rod to position spacers in vertical direction

Schematic cross section of the Pu assemblies



position without fuel



neutron sources

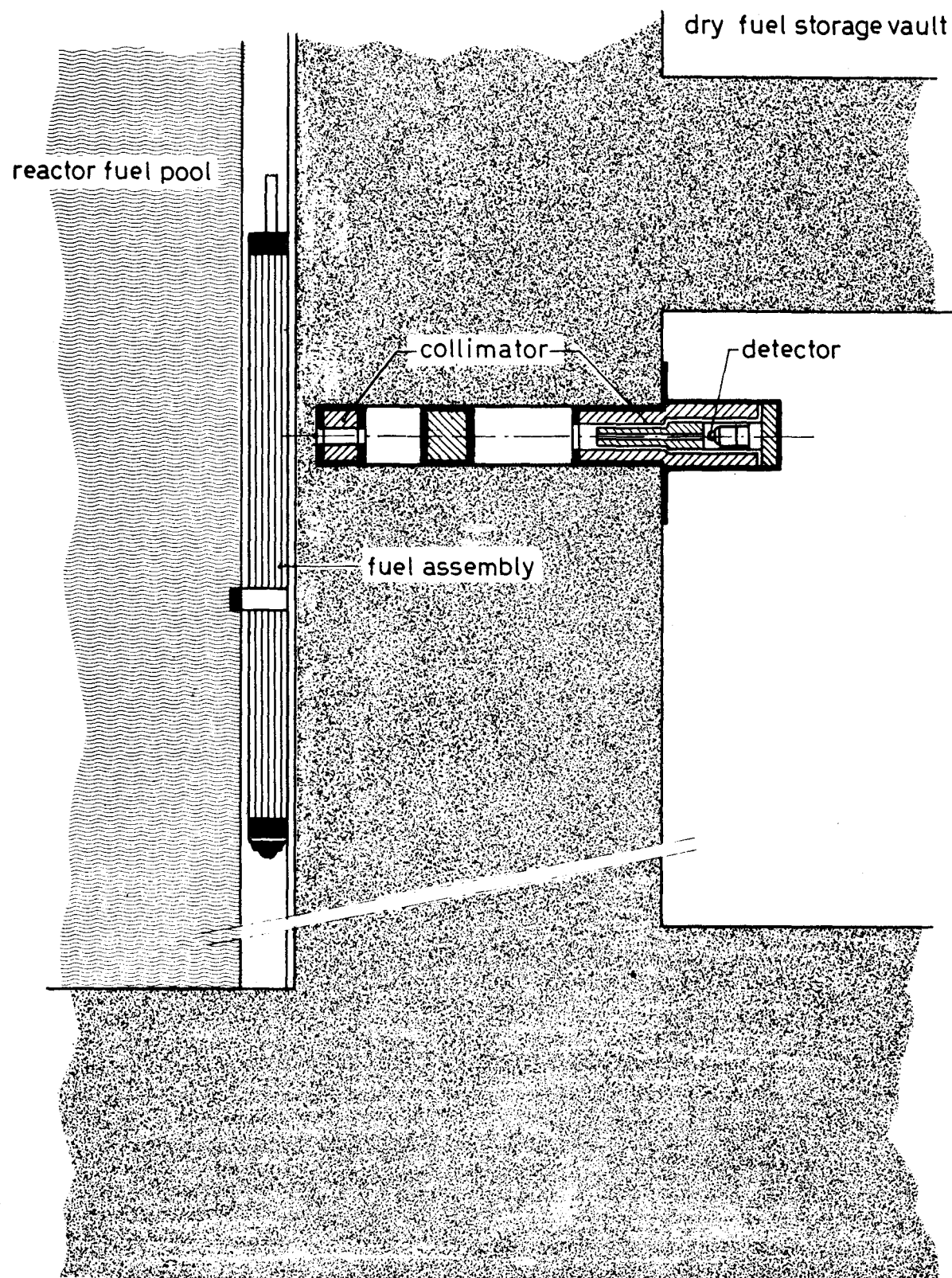
Core for activation and substitution measurements

1.121 1.16 + 3.5	0.953 0.98 + 2.8	0.912 0.94 + 3.1	0.944 0.98 + 3.8	1.045 1.10 + 5.3	1.293 1.37 + 6.0
	1.104 1.04 - 5.8	1.020 0.95 - 6.9	1.013 0.94 - 7.2	1.137 1.09 - 4.1	1.017 1.06 + 4.2
		0.579 0.59 + 1.9	0.890 0.82 - 7.9	1.005 0.94 - 6.5	0.935 0.97 + 3.7
			0.867 0.80 - 7.7	0.999 0.94 - 5.9	0.922 0.96 + 4.1
				1.115 1.07 - 4.0	0.965 1.03 + 6.7
					1.102 1.25 + 13.4

exp.
theor.
discr.

$$\text{discrepancy} = \frac{P_{\text{theor.}} - P_{\text{exp.}}}{P_{\text{exp.}}} \times 100 \%$$

Comparison experimental and theoretical values
of fission density peaking factors in Pu element



Schematic presentation of γ - scan facility

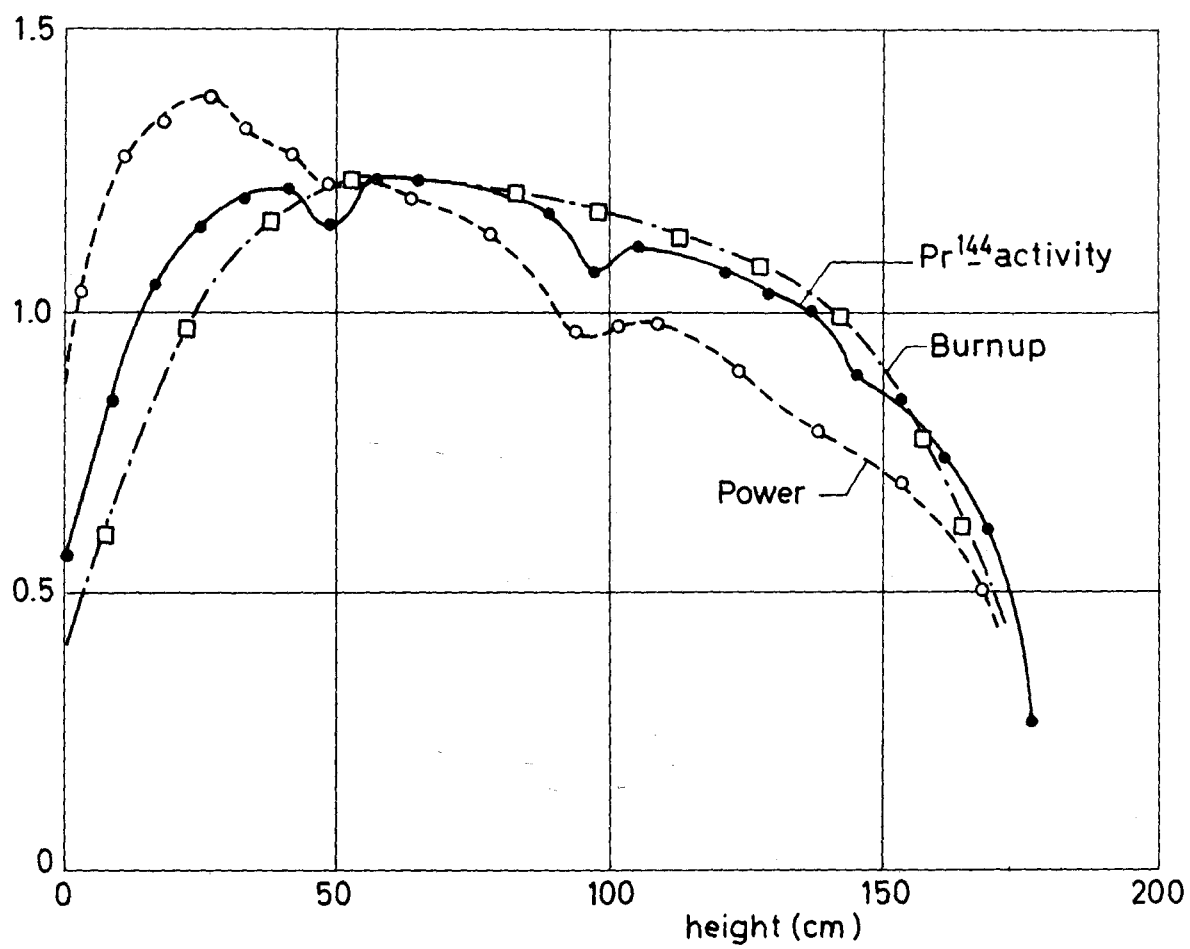
	A	B	C	D	E	F
1	1.34	1.19	1.10	1.10	1.13	1.26
2	1.12	1.03	0.94	0.94	0.92	1.06
3	1.11	0.96	0.87	0.84	0.90	0.98
4	1.10	0.93	0.80	0.71	0.85	0.95
5	1.12	0.96	0.84	0.87	0.87	0.98
6	1.17	1.03	0.95	0.98		1.05

height 160.8 cm

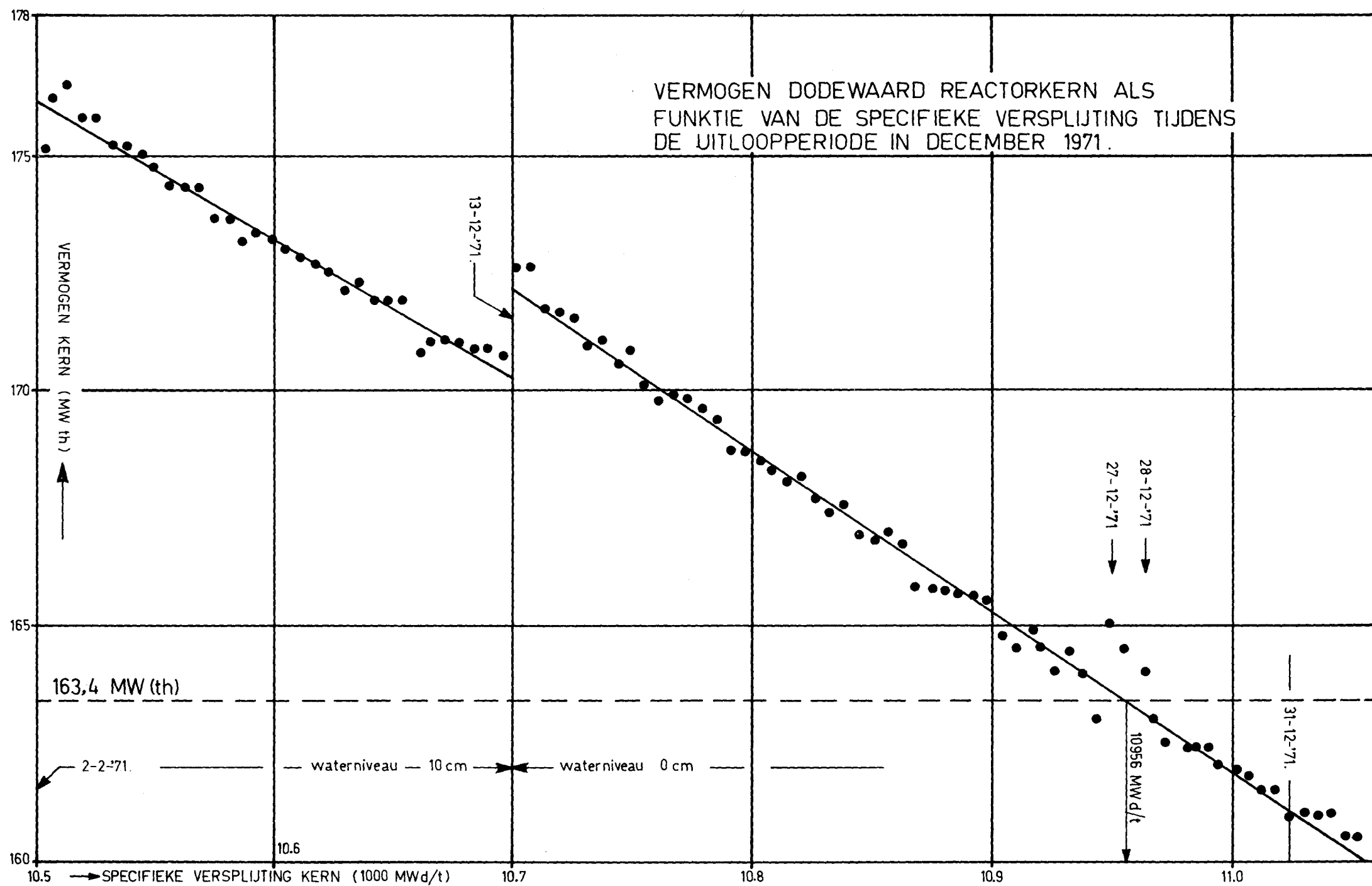
	A	B	C	D	E	F
1	1.13	1.05	1.06	1.04	1.09	1.25
2	1.02	0.94	0.88	0.92	0.98	1.10
3	1.03	0.91	0.87	0.88	0.93	1.03
4	1.06	0.92	0.81	0.80	0.90	1.04
5	1.14	0.99	0.88	0.91	0.92	1.07
6	1.23	1.10	1.01	1.04		1.10

height 120.8 cm

Normalized Pr^{144} -activity in the element A 154
on 4 axial positions



Normalized distributions along a fuel element



3. SYSTEMEN EN COMPONENTEN

3.1. Turbineinstallatie

Algemeen

Het onderhoud aan de turbineinstallatie was gedurende 1971 niet omvangrijk, het betrof hoofdzakelijk inspecties en normaal te noemen onderhoud van afsluiters, pompen en regelapparatuur, belangrijke wijzigingen werden niet aangebracht.

Maart-april-stopwerkzaamheden

Voedingwaterpompen. Voedingwaterpomp no. 3 werd geheel gedemonteerd en geïnspecteerd. De lagers waren in goede conditie en het inwendige vertoonde weinig slijtage. De tandkoppelingen van alle drie de voedingwaterpompen werden gedemonteerd en moesten van de pompen no. 1 en 3 wegens overmatige tandslijtage vernieuwd worden.

Bedrijfskoelwatersysteem (CBW). De pomp no. 2 werd gedemonteerd en moest voor verdere revisie naar de fabriek. Een overmatige slijtage maakte vernieuwing van de slijtringen op de waaiers en in het huis, van de asbussen en doorvoeringen in pomphuis en pakkinghuis noodzakelijk. De waaiers ter plaatse van de slijtringen waren enigszins beschadigd en werden na bewerking voorzien van ondermaatse ringen.

Pompen. De tandwielkast van de hoofdkoelwaterpomp no. 2 werd in de fabriek gereviseerd en voorzien van een nieuw, reeds gefabriceerd, binnenwerk. Van het tandwiel van het oude binnenwerk waren twee tanden gedeeltelijk afgebroken. De hoofdkoelwaterpomp no. 2 werd getrokken en inwendig schoongemaakt en gecontroleerd. De waaier vertoonde in het geheel geen beschadigingen, de mantel welke om de waaier is geplaatst en gemonteerd is in het pomphuis vertoonde ter hoogte van de schoeptoppen lichte cavitatieverschijnselen.

De spelingen van het onderlager van de pomp waren weliswaar groter als bij de eerste eindmontage maar lagen nog binnen de voorgeschreven toleranties.

Linker en rechter uitklinkklep. In verband met de, weliswaar geringe, stoomlekage welke was opgetreden op de flensaansluiting van het linker uitklinkklephuis aan het regelklephuis van de turbine, werden linker en rechter uitklinkklephuis gedemonteerd en werden flensvlakken en pakkingkamer nagemeten en gecontroleerd. De uitklinkklephuizen werden weer gemonteerd echter nu met spiraalgewikkelde pakking van een kleinere breedte.

Inspectie van beschoeping van de Bauwmann-trap van de laagdruk turbine. Een erosiebeschadiging van enige betekenis bleek niet aanwezig; alleen de stellite-schilden vertoonden een lichte aantasting (zogenaamde muizentanden). De klinknagelkoppen op de dekband van de Bauwmann-trap werden magnetisch onderzocht, hierbij werden geen losse verbindingen geconstateerd.

De hoofdstoomleiding. Om de trillingen in axiale richting van de beide takken van de hoofdstoomleiding te onderdrukken werd links en rechts een extra ondersteuning aangebracht. Deze ondersteuning is zodanig uitgevoerd dat alleen de bewegingen in axiale richting worden onderdrukt terwijl alle andere bewegingen onverminderd mogelijk blijven. De ondersteuning is aangebracht op plaatsen waar de beweging in axiale richting tengevolge van de thermische uitzetting nul is.

Voedingwatervoorwarmer no. 1. De pijpenbundel werd losgenomen en getrokken. Waterzijdig en condensaatzijdig werd de voorwarmer geïnspecteerd. Bij deze inspectie werden geen erosie verschijnselen gevonden, noch in de waterkast, noch in de stoom inlaat en noch op de spatplaat of op het binnen oppervlak van de romp. Een afzetting van afwrijfbare ijzeroxiden was wel aanwezig in de waterkast en op de pijpen.

De nevencondensaatpompen. De beide nevencondensaatpompen werden gedemonteerd, schoongemaakt en geïnspecteerd. De asbus en de grondring van de asdoorvoering van de beide pompen bleken zwaar beschadigd te zijn en werden door nieuwe vervangen. De waaiers van de pompen vertoonden geen beschadigingen.

De condensors. Drie tot vierhonderd condensorpijpen, gelijkmatig verdeeld over de beide condensors werden door de RTD met behulp van een wisselstroom-meetkop onderzocht op de aanwezigheid van putjes en krassen in het binnen oppervlak van de pijp. Hierbij werden geen beschadigingen gevonden.

Stoomzijdig werden de beide condensors aan een inspectie onderworpen. De druppelplaten bleken niet te zijn vervuild. De aantasting ten gevolge van erosie bleek na de vorige inspectie (mei 1970) te zijn toegenomen; de noord-condensor was meer aangetast dan de zuid-condensor.

De oppervlakken van de lagedruk uitlaat, de schotten, de balken enzovoort, hadden nu een egale zilverachtig metallieke kleur; in de zuid-condensor waren nog enkele zwarte walshuid-vlekken aanwezig.

De versnellingsregulateur en de veiligheidsregulateurs.

De versnellingsregulateur werd op de testbank bij Stork in Hengelo beproefd en opnieuw afgesteld.

De veiligheidsregulateurs bleken na demontage wat vuil te bevatten, ze werden schoongemaakt en bij Stork statisch afgesteld op een overtoerenwaarde van 12% (3360 omwentelingen per minuut). Dynamisch wordt nu bij het aanspreken van de veiligheidsregulateur een toerental bereikt van 3300 omwentelingen per minuut.

Elektrische aanloopinrichting voor de tornmotor. De tornmotor werd voorzien van een nieuwe elektrische aanloopinrichting, om de aanloopstromen en het aanloopkoppel te beperken, volgens ontwerp van Stork-Heemaf.

Servomotoren van MP-, BP-, Regel- en Middeldrukopvangkleppen. Bij de inspectie van de bovengenoemde servomotoren werden geen noemenswaardige beschadigingen gevonden; in de cilinders hadden zich geen schraapranden gevormd. Wel werd in het olie vrije gedeelte van de servo's roestafzetting aangetroffen; als oorzaak hiervoor wordt gezien het "ademen" van de olie vrije ruimte en condensatie van de waterdamp uit de lucht.

Regelschuif van IPR en Woodward. Deze regelschuif werd geïnspecteerd en tevens werd, om een grotere slag van de turbineregelkleppen mogelijk te maken, de voordruk van de veer van deze schuif gewijzigd door de veer in te korten.

Wanddikte van diverse leidingen. Ter controle van de wanddikte en om inzicht te krijgen in de snelheid van de aantasting onder invloed van de erosie verschijnselen werden ook dit jaar op de diverse gemarkeerde punten wanddiktemetingen uitgevoerd met behulp van ultrasoonmeetapparatuur.

De lagedruk waterafscheiders gaven een opmerkelijke wanddikte vermindering te zien tot maximaal $\sim 0,7$ mm in de loop van een jaar.

Condensaat afvoer regelkleppen. Enkele condensaat afvoer regelkleppen werden gedemonteerd en het binnenwerk (klep en zitting) werd geïnspecteerd en zonodig gerepareerd. De klep en zitting van de condensaat afvoerklep hogedruk waterafscheider naar voorwarmer no. 4 waren zwaar geërodeerd; in afwachting van een geheel nieuw binnenwerk werden beide onderdelen opgelast en nagedraaid.

Bij alle andere reeds vroeger geïnspecteerde regelkleppen werd een dergelijke ernstige aantasting door erosie nog niet aangetroffen.

De oorzaak van deze erosie is waarschijnlijk gelegen in het feit dat het doorstromende medium water van verzadigingstemperatuur is en dat de drukval over de klep nogal hoog (~ 10 atm) is.

3.2. Regelstaafaandrijfmechanismen

Maart-april stop werkzaamheden. De werkzaamheden onder het reactorvat omvatten het uitnemen, reviseren en terugplaatsen van de regelstaafaandrijfmechanismen van de posities C4, D4, D6, E2, E4, F3, G3, G4 en G5, waarbij voor het vastzetten van de aandrijfmechanismen nieuwe roestvaststalen bouten werden gebruikt. De genoemde regelstaafaandrijfmechanismen werden voor revisie gekozen omdat deze nog de oude binnenfilters hadden waarvan er enige tijdens bedrijf zijn ingeslagen, wat vervuiling van de aandrijving tot gevolg kan hebben, en die door filters van een gewijzigde constructievorm worden vervangen.

De koolstofstalenbouten waarmee de regelstaafaandrijfmechanismen zijn bevestigd, 8 per mechanisme, zouden successievelijk worden vervangen door roestvaststalen bouten omdat de koolstofstalen bouten lichte corrosieverschijnselen vertonen in de nog steeds enigszins vochtige reactorkamer. De bovengenoemde aandrijfmechanismen werden bevestigd met nieuwe roestvaststalen bouten, bovendien werden de roestvaststalen bouten waarmee de regelstaafaandrijfmechanismen A3, A4, A5, B4, C1, C5, D2, D3, E7 en F2 in de mei-stop van 1970 werden bevestigd eveneens vervangen door nieuwe roestvaststalen bouten.

De flens aan de vatstomp waarin zich het regelstaafaandrijfmechanisme D4 bevindt werd, met succes, vlak geslepen, een karwei dat ruim 3 dagen kostte.

De nieuwe incores in de posities D6/E7, D4/E5, A4/B3 en E2/F3, die boven in het reactorvat werden ingebracht, werden vanuit de reactorkamer doorgespoeld om te voorkomen dat zich corrosieproducten tussen de zittingen afzetten en op de voorgeschreven wijze bevestigd.

Alle koolstofstalen boutjes, waarmee de incore flenzen waren bevestigd, werden vervangen door roestvaststalen boutjes. Ook dit werd gedaan omdat de oude boutjes lichte corrosieverschijnselen vertoonden.

Bevestigingsbouten van de regelstaafaandrijfmechanismen.

Op 5 juni werd een ernstige lekkage geconstateerd in de reactorkamer, die het noodzakelijk maakte de centrale uit bedrijf te nemen.

Bij inspectie bleken enkele bouten - waarmede de regelstaafaandrijfmechanismen aan de stompen onder het reactorvat zijn bevestigd - te zijn afgebroken.

Zoals reeds vermeld werden de oude koolstofstalen bouten, die tengevolge van de herhaalde lekkages roestvorming vertoonden, in de maart-april stop reeds gedeeltelijk vervangen door roestvaste bouten, al werd uiteindelijk na schoonmaken van de oude bouten vastgesteld dat deze zeer weinig waren aangetast.

Door het grote moment waarmede de bouten werden aangedraaid om lekkage aan de flenzen te voorkomen, moesten de roestvaste bouten een speciale warmtebehandeling ondergaan. De nieuwe bouten waren sterker dan de oude; een bout heeft op de proefbank zelfs 10.00 spanningscycli op hoge temperatuur tussen 30 en 50 kg.mm⁻² doorstaan zonder enig teken van falen.

Toch bleken de nieuwe bouten te breken, na zeer kort bedrijf waarbij geen spanningstransienten of thermische cycli zijn opgetreden.

Aangezien de oude bouten gedurende enige jaren, waarin vele spanningstransienten en thermische cycli zijn opgetreden, wel betrouwbaar bleken, werd besloten deze weer toe te passen.

Het onderzoek naar de oorzaak van het falen van de bouten was aan het eind van het jaar nog niet afgesloten; er wordt echter sterk aan waterstofbroosheid gedacht, de gevoeligheid hiervoor wordt aan de warmtebehandeling geweten.

3.3. Reactorwaterzuiveringssysteem (RZS)

Algemeen. In aansluiting op het jaarverslag 1970 over dit systeem kan worden opgemerkt, dat het systeem bevredigend heeft gewerkt.

Slechts eenmaal is het systeem afgefallen en eenmaal moest het systeem, vanwege een lekkage, uit bedrijf worden genomen.

Gedurende circa drie weken werd het systeem geheel uit bedrijf genomen voor modificaties aan de warmtewisselaars. Het mengbedfilter RZS-F2, dat op 24 februari 1970 in bedrijf is genomen, heeft ook dit gehele jaar nog in bedrijf gestaan.

De pompen RZS-P2/P3/P4/P5. De achttien-traps pompen RZS-P2 en P3 zijn afwisselend in bedrijf geweest en hebben geen moeilijkheden opgeleverd.

Het aantal draaiuren van RZS-P2 bedroeg dit jaar 2674 uren, en voor RZS-P3 3613 uren.

RZS-P3 is eenmaal afgefallen en wel bij het aanspreken van de te hoge temperatuursbeveiliging van het reactorwater voor het mengbedfilter.

Deze te hoge temperatuur werd veroorzaakt door onderbreking van het koelwater door de warmtewisselaars.

Moeilijkheden met de lagers van de elektromotoren van de achttien-traps pompen, welke in 1970 zijn opgetreden, hebben zich dit jaar niet voorgedaan.

Op 4 maart werd de gerepareerde vier-traps pomp RZS-P4 in bedrijf genomen.

Trillingsmetingen aan elektromotor en pomp werden verricht door de KEMA.

Na circa 10 bedrijfsuren viel de pomp af op zijn thermische beveiliging, en was de pomp vastgelopen.

Bij inspectie bleek de pompas getordeerd te zijn.

De vier-traps pomp RZS-P5 heeft dit jaar geen draaiuren gemaakt.

Beide pompen zijn gedemonteerd en gedecontamineerd.

Het ligt niet in de bedoeling de pompen nog in het systeem terug te plaatsen. Plannen worden uitgewerkt tot plaatsing van een geheel nieuw type pomp.

Naar aanleiding van ervaringen in de maart-april-stop 1970 waarbij, tijdens het uit de kern verwijderen van de absorptieplaten, de vier-traps pomp RZS-P4 werd beschadigd, ten gevolge van het dichtslaan van het zuigfilter van de pomp op loskomend vuil uit de reactor, werd naar een andere mogelijkheid gezocht om tijdens de splitsstofwisselen het reactorwater te zuiveren.

Een oplossing werd gevonden door het plaatsen van een zelfaanzuigende Sihi-pomp met een capaciteit van 30 ton per uur, die speciaal geconstrueerd is voor het verpompen van verontreinigde vloeistoffen.

De pomp werd met behulp van flexible stalen slangen op de spoel-aansluitingen van het systeem aangesloten waarmee een reinigingskringloop tot stand werd gebracht. Via de toevoerleiding van het systeem werd het water uit de reactor direct na de systeem-inlaatafsluiter (05002) via de spoelflens en slang naar de zuigzijde van de pomp gevoerd. De pomp voerde het reactorwater, via de flens op de harsvulleiding, door het mengbedfilter RZS-F2, via een slangaansluiting op de spoelflens in de zuigleiding van de achttien-traps pompen naar de systeemleiding vlak voor de systeem-uitlaatafsluiter (05045), terug naar het reactorvat. Hiermede was het mogelijk continu 30 ton reactorwater per uur te zuiveren via het mengbedfilter. Niveauregeling in het reactorvat en in het wisselbassin bleef mogelijk vanuit de regelzaal met behulp van een elektrische afsluiter (E-05091). Deze opstelling heeft in de stopperiode uitstekend voldaan.

Warmtewisselaars. Van 23 oktober tot 13 november werd het systeem uit bedrijf genomen voor modificaties van de niet-regeneratieve warmtewisselaars RZS-W1 en RZS-W3. Warmtewisselaar RZS-W1 werd hierbij van een nieuwe pijpenbundel voorzien.

De warmtewisselaar RZS-W3 werd geheel verwijderd en vervangen door twee in serie geschakelde niet-regeneratieve warmtewisselaars RZS-W3a en RZS-W3b.

Diverse kleinere modificaties en reparaties, alsmede keuringen van de Dienst voor het Stoomwezen, werden aan het systeem verricht.

De geleidbaarheid van het reactorwater, welke gedurende de stop van het systeem was gestegen tot circa 15 mS.cm^{-1} , bereikte reeds binnen enige uren, nadat het reactorwaterzuiveringssysteem weer in bedrijf gesteld was, normale waarden.

De moeilijkheden met de koelwaterstroom door warmtewisselaar RZS-W1 waarbij, doordat de warmte overdracht capaciteit te groot was, de uitlaattemperatuur te hoog opliep, traden door de nieuw geplaatste pijpenbundel niet meer op. Ook metingen aan warmtewisselaar RZS-W3a en RZS-W3b toonden aan dat deze warmtewisselaars reactorwater van circa 280°C tot 50°C kunnen afkoelen en wel bij een debiet van 4 tot $8 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. Deze eis moet namelijk aan deze warmtewisselaars worden gesteld bij het in bedrijf nemen van de reactor. De regeneratieve warmtewisselaars zullen immers pas na het starten van de achttien-traps pompen in werking treden.

Door deze nieuwe warmtewisselaars is het ook mogelijk het niveau van het reactorvat te regelen als geen RZS-pompen bijstaan en de reactordruk 70 ato bedraagt.

De regelaars in het systeem. Ook dit jaar hebben de regelaars bevredigend gewerkt.

De klep en zitting van de regelkleppen (05041 en 05020) werden vernieuwd.

Gedurende de stop van het systeem werden van alle regelkleppen de afdichtingen doorgesmeerd en van drie regelkleppen de doorvoeringen opnieuw verpakt.

De mengbedfilters. Het gehele jaar, dat wil zeggen ook gedurende de stop, is het mengbedfilter RZS-F2 in bedrijf geweest.

Het mengbedfilter RZS-F1, dat in 1970 van nieuwe harsen werd voorzien. staat als reserve bed gereed voor gebruik.

3.4. Reactorafkoelsysteem (RAS) en splijtstofbassinkoelsysteem (SBK) modificatie

Beschrijving van de systemen. Het RAS dient om de reactor te koelen als deze uit bedrijf is. Wanneer het RAS in bedrijf is, wordt water direct uit het reactorvat gezogen, via een aansluiting welke zich boven het normale reactorwater bedrijfsniveau bevindt, en in een warmtewisselaar gekoeld met behulp van water uit het gesloten koelwatersysteem (GKS), waarna het door een pomp, via een aansluiting op de voedingwaterleiding, weer geretourneerd wordt naar het reactorvat. Het RAS bestaat uit twee warmtewisselaars (RAS-W1 en SBK-W2), twee pompen (RAS-P1 en SBK-P3) en de benodigde leidingen, afsluiters en instrumentatie. Het SBK heeft de functie het water in het splijtstofopslagbassin te koelen en te reinigen. De koeling is nodig om de nucleaire vervalwarmte afkomstig van bestraalde splijtstofelementen, die in het bassin zijn opgeslagen, af te voeren. De reiniging is erop gericht stof en andere vaste verontreinigingen uit het bassin te verwijderen. Het bassinwater wordt in een warmtewisselaar gekoeld met behulp van water uit het GKS. Het gekoelde bassinwater wordt vervolgens door een pomp danwel direct danwel via hydro-cyclonen geretourneerd naar het bassin. Het SBK bestaat uit twee warmtewisselaars (SBK-W1 en SBK-W2), drie pompen (SBK-P1, SBK-P2 en SBK-P3), een cycloon, een multi-cycloon, een precoatfilter en de benodigde leidingen, afsluiters en instrumentatie. De opstelling van de warmtewisselaars met leidingen en afsluiters is zodanig dat ook RAS-W1 voor het SBK en SBK-W1 voor het RAS gebruikt kan worden.

Reden voor de wijziging van de warmtewisselaars. In het oorspronkelijke ontwerp van RAS en SBK waren de warmtewisselaars aan de primaire zijde (pijpzijde) geschikt voor een druk van 4 ato en een temperatuur van maximaal 135°C. Door deze relatief lage ontwerpdruk, door het statisch hoogte verschil tussen reactorvat en RAS-warmtewisselaars en door de relatief grote schakeldifferentie ($\sim 1,2 \text{ kg.cm}^{-2}$) van de drukbeveiligingsschakelaars ontstond in de oorspronkelijke situatie een tijdverlies van ongeveer 5 uur tussen het tijdstip van stoppen van de achttien-traps pomp van het RZS (reactordruk is 3,0 ato) en het tijdstip van bijzetten van het RAS (reactordruk is 2,2 ato). Afkoeling van de reactor gedurende deze tijd vond uitsluitend plaats via de toevoer van de koelwaterstroom voor de regelstaafmotoren in combinatie met het afvoeren van gezuiverd reactorwater via de aftap van het reactorwaterzuiveringssysteem.

Om het tijdverlies bij het afkoelen van de reactor en de moeilijkheden bij het bijzetten van het RAS te voorkomen was verhoging van de toegestane werkdruk van de primaire zijde van de RAS-warmtewisselaars noodzakelijk.

In de oorspronkelijke vorm waren de warmtewisselaars van RAS en SBK als volgt uitgevoerd:

- een rechte (starre) cilindrische romp uit koolstofstaal (H II) met aan boven- en onderzijde daaraan vast gelast een roestvaststalen pijpplaat (X5CrNiMo 18.10)
- tussen de pijpplaten een bundel van 312 stuks rechte roestvaststalen pijpen (X5CrNiMo 18.10); die met een dubbele walsverbinding bevestigd zijn in de pijpplaten
- op de bovenste pijpplaat gemonteerd met behulp van een losse flensring de cilindrische waterkast met bolfront, keerschotten en aan- en afvoertubelures
- op de onderste pijpplaat eveneens gemonteerd met behulp van een losse flensring, de cilindrische keerkast met bolfront en keerschotten.

Bij de contrôle berekening van de warmtewisselaars voor de nieuwe werkconditie aan de primaire zijde (druk: 8 ato en temperatuur 170°C) bleek dat de warmtewisselaars voor deze conditie geschikt waren, echter niet dan nadat ze zouden zijn voorzien van een expansie mogelijkheid van de pijpen ten opzichte van de romp. Het doel van deze expansie mogelijkheid is om extra spanningen in pijpen en walsverbindingen ten gevolge van het grote verschil in axiale uitzetting tussen pijpenbundel en romp te voorkomen.

Om de flexibiliteit van het gecombineerde systeem RAS en SBK te handhaven werd besloten tevens de warmtewisselaars SBK-W1 en SBK-W2 te voorzien van een expansiemogelijkheid.

De expansie mogelijkheid is aangebracht door de romp van elke warmtewisselaar ongeveer 70 cm boven de onderste pijpplaat volledig door te slijpen en de beide gedeelten van de romp weer te verbinden met behulp van een aangelaste golfcompensator.

Wijziging van de drukbeveiliging van RAS en SBK. Reeds in het voorjaar van 1970 werden de losse pijpstukken, welke tijdens het in bedrijf zijn van het RAS de verbinding vormden tussen het hogedrukgedeelte van het RAS (de reactorzijde) en het lagedrukgedeelte, vervangen door vaste pijpverbindingen. Hierbij werd zowel in de aanvoerleiding als in de retourleiding een pneumatisch bediende afsluiter aangebracht; die tot taak hebben om het lagedrukgedeelte van het RAS (warmtewisselaars, pompen en bijbehorende leidingen) te isoleren van de reactorinstallatie bij een te hoge druk.

Sluit- en vrijgeefsignaal voor de afsluiters wordt geleverd door een voor elke afsluiter afzonderlijk ter plaatse aangesloten hydraulisch-pneumatisch-relais. Met verhoging van de toegestane werkdruk van de pijpzijde van de RAS-SBK-warmtewisselaars moest ook de drukbeveiliging overeenkomstig worden aangepast. Twee nieuwe hydraulisch-pneumatische relais met een groter drukbereik werden ingebouwd. Door de Dienst voor het Stoomwezen werd een extra eis gesteld, namelijk om in de drukbeveiligingsketen van elke afsluiter op te nemen een tweede onafhankelijk werkende drukschakelaar, of een contact daarvan. Aan deze eis werd voldaan door in het elektrisch gedeelte van de drukbeveiligingsketen van elke afsluiter een extra onderbrekingscontact op te nemen; deze contacten werden gecommandeerd door de reeds aanwezige drukschakelaars (PS30 en PS31) welke zijn aangesloten op de reactordruk en welke tevens de primaire isolatie afsluiters (nr. 23024 en 23032) en de drukaflaatafsluiters (nr. 23026 en 23033) van het RAS commanderen. Bij het testen van de lokaal aangebrachte hydraulisch-pneumatische relais kwam aan het licht dat de werking van de drukbeveiliging voor wat betreft de pneumatische schakeling niet volledig geheel fail-safe was. Door het wijzigen van enkele dunne persluchtleidingen kon ten slotte ook dat probleem worden verholpen.

3.5. Precoatfiltersystemen

Functie. Het verwijderen van vaste deeltjes uit de continue onderlopen van multi-cyclonen van de diverse waterbehandelingssystemen; deeltjes tot enkele microns worden uitgefiltreerd.

Omschrijving. De vijf aanwezige filters zijn verdeeld over de volgende systemen:

- Reactorwaterzuiveringssysteem (RZS)
- Splitsstofbassinkoelsysteem (SBK)
- Lichtverontreinigdafvalwatersysteem (LVA)
- Vloerwaterbehandelingssysteem (VWB)

De werking van een precoatfilter berust op het aanbrengen van een laagje diathomee aarde op filterelementen, hetgeen dan dienst doet als een zogenaamd filterdoek.

Elk precoatfilter is voorzien van een precoatdoseerpompje, welke precoat vermengd met water tijdens het filtratieproces aan het filter toevoert; hierdoor is het mogelijk om de vuilkoek luchtig te houden en zodoende de standtijd te verlengen.

De reiniging van het filter berust op het stoppen van de processtroom waarna een sludge afsluiter onder in het filter geopend wordt en het vuil met de diathomee aarde uit het filter wordt afgevoerd. Hierbij werd gebruik gemaakt van een te voren opgebouwd luchtkussen in de filterhoed.

Bedrijfsvoering in 1971. De RZS precoatfilters zijn nagevoeg niet in bedrijf geweest, dit onder andere mede door het ontbreken van de vier-traps pompen in dit systeem. Bij de SBK, LVA en VWB filters bleek de gewenste capaciteit van $3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ niet haalbaar. Nagegaan werd wat ter verbetering van de werking gedaan kon worden.

Het precoat plus het vuil werd tijdens het schoonspoelen niet voldoende van de elementen geblazen, waardoor te snel een te hoge drukval over de filters werd verkregen. De opbrengst van de precoatdoseerpompjes bleek aanmerkelijk te zijn teruggelopen.

Modificaties uitgevoerd naar aanleiding van deze ervaringen zijn.

Het binnenwerk van de veerbelaste overstortklep is verwijderd waardoor minder weerstand in de afvoerleiding optreedt. Op de filterhoed een persluchtleiding aangesloten, welke door middel van een pneumatisch bediende afsluiter afgesloten is van een luchtbufferleiding, welke op zijn beurt lucht onttrekt via een restrictie uit het luchtnet.

Een en ander om een grote plotselinge luchtafname en hiermede gepaard gaande drukdaling in het centrale luchtnet te voorkomen.

De lucht wordt dus gebruikt om vuil plus diathomee aarde van filterelementen te blazen.

Er werd een restrictie geplaatst in de persleiding van de precoat aanmaakpomp. Dit in verband met een lagere tegendruk ten gevolge van het verwijderen van het binnenwerk van de overstortklep.

De verouderde membranen van de precoatdoseerpompjes werden vervangen.

Metingen na de modificaties.

Deze wezen uit dat de precoatdoseerpompjes weer de opgegeven maximum opbrengst behaalden en dat de gemiddelde $3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ doorstroming van de SBK, LVA en VWB precoatfilters ruimschoots gehaald werd.

Het verwijderen van het vuil plus de diathomee aarde tijdens de spoelperiode verloopt nu goed en men kan stellen dat de uitgevoerde modificaties aan de precoatfiltersystemen aan hun bedoeling hebben beantwoord.

3.6. De afvalwater indampinstallatie

De installatie is bestemd voor het zuiveren van radioactief afvalwater door middel van verdamping.

Deze verdamping vindt plaats in twee verdampingstrappen.

De totale capaciteit is $625 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$, waarvan $40 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ onttrokken wordt uit het circulatiesysteem van de eerste trap, en als voeding dient voor de tweede trap.

Het aantal bedrijfsuren was dit jaar 1382 uren, waarbij 590 m^3 water werd verdampt.

De goede werking van de installatie wordt nog steeds belemmerd door verstoppingen in het voedingleidingssysteem, zodat de productie en de automatische werking niet optimaal is.

Er wordt gezocht naar een goed reinigingssysteem, om het radioactieve afvalwater te ontdoen van de vaste stoffen voordat het, indien noodzakelijk, naar de afvalwaterindampinstallatie wordt gevoerd.

Het gevormde condensaat werd meestal afgevoerd naar het vloerwaterbehandelingssysteem, omdat de geleidbaarheid van dit condensaat te hoog was om het als suppletiewater te gebruiken.

3.7. Harsregeneratiesysteem (HRS)

De HRS-installatie is een systeem waarmee beurtelings de harsen van de drie mengbed-ionen-wisselaars in aparte tanks geregenereerd kunnen worden.

Tot deze aparte tanks behoort de mengtank, ook wel opslagtank genoemd, waarin een reserve harsvulling is opgeslagen. Het doel hiervan is om direct na een harstransport van een ionenwisselaar naar het HRS, de reserve vulling in de leeggekomen ionenwisselaar te doen, waardoor het betreffende filter zo kort mogelijk buiten bedrijf is gesteld. De tweede aparte tank is de kationtank, ook wel opvangtank genoemd, omdat de vervuilde harsvulling hierheen wordt getransporteerd. In deze tank worden de vervuilde mengharsen opgespoeld, waardoor de vervuiling wordt teruggebracht en tevens de anionharsen van de kationharsen gescheiden worden.

Na deze scheiding worden de anionharsen door middel van lucht en water overgespoeld naar de derde aparte tank, de aniontank.

De harsen zijn nu gescheiden, het kationhars is in de kationtank achtergebleven en het anionhars staat nu in de aniontank.

Het kationhars wordt door middel van verdunde H_2SO_4 (3%) geregenereerd en het anionhars door middel van verdunde $NaOH$ (4%).

Na beëindiging van de regeneraties worden de kation- en anionharsen weer samengevoegd en wel in de mengtank, waarin ze gemengd en nogmaals gespoeld worden, waarna ze weer als reserve vulling voor één van de drie mengbed ionen-wisselaars gereed staan.

De bediening van de HRS-installatie is via het centrale stuurpaneel deels automatisch en deels "geleid handbediend". In de automatiek zijn enkele stopstanden opgenomen, waarin gevraagd wordt eerst een visuele controle uit te voeren alvorens het automatisch program weer een startsignaal te geven.

Ook kan de bediening van de HRS-installatie geheel met de hand uitgevoerd worden, daarvoor zijn de kleppen in de magneetkleppenkast van handbedieningsknoppen voorzien.

Daar het gehele regeneratie proces in een afgesloten ruimte achter muren plaats vindt en dus beperkt visueel gevolgd kan worden, moet de voorkeur gegeven worden aan de zogenaamde automatische bediening, daar dan alleen alle beveiligingen welke in de HRS-installatie zijn ingebouwd in werking zijn, dit dus in tegenstelling bij handbediening.

De HRS-installatie is in een kleine ruimte ondergebracht, hierdoor is de toegankelijkheid voor eventuele plaatselijke bediening en onderhoud moeilijk. Dit heeft er toe geleid dat de niet actieve tanks uit deze actieve ruimte werden gehaald en elders opgesteld.

Het betrof de zuurmeettank, zuuraanmaaktank en de loogaanmaaktank, die nu met hun toebehoren zoals niveau-schakelaars, afsluiters en leidingen, in de suppletie demi water ruimte zijn geplaatst.

Gelijktijdig met deze ombouw is begonnen met de gebreken, welke in de installatie zaten, stuk voor stuk te herzien, zo is onder andere een geheel nieuw paneel gemaakt voor de relais die de signalering weergeven en voor de besturing zorgen, tevens werden deze relais door een beter type van een ander fabrikaat vervangen.

Tegen het eind van 1971 waren alle storingen verholpen en was het mogelijk het systeem automatisch te bedienen.

3.8. Ventilatiesystemen

Gesteld kan worden dat in deze verslagperiode de ventilatie aan de gestelde eisen heeft voldaan. Voor een beschrijving hiervan zie het jaarrapport van 1970.

Het onderhoud bleef beperkt tot het uitwisselen van toevoer- en afvoerfilters.

De standtijd van de afvoerfilters is aanzienlijk groter dan in de vorige verslagperiode; dit is het gevolg van het feit dat de afgezogen lucht veel minder bouwstof bevat en enige filters kortgesloten zijn.

In het verslagjaar werd een begin gemaakt met een systematisch preventief onderhoud; waar onder het uitwisselen van kogellagers, slijtringen, controle van spellingen van ventilatoren, ijken en nacontrole van regelingen en klepstandstellers, enzovoort.

Er zijn nog enige wijzigingen en uitbreidingen in het ventilatiesysteem aangebracht.

Deze zijn onder andere het aanbrengen van een ventilatie in de ruimten waar de afvoerfilters voor het hoofdventilatiesysteem en voor het vacuumafgassysteem staan opgesteld. Dit is belangrijk in verband met de mogelijke luchtbesmetting, die kan ontstaan tijdens het uitwisselen van de filterpakketten.

Op de servomotoren van de klepstandstelling werden olienevelaars aangebracht, daar in de praktijk bleek dat deze zonder olieneveling niet betrouwbaar werkten.

De elektromotoren van het reactorkamersysteem werden vervangen door motoren van een type dat beter geschikt is voor de bedrijfsomstandigheden in de reactorkamer, voornamelijk condensvocht.

Diverse onderdelen van het ventilatiesysteem werden geautomatiseerd; dit betreft onder andere het automatisch starten van een reserve toe- en afvoerventilator, als één of meer ventilatoren afvallen.

Bediening en weer paraat zetten van alle ventilatoren geschiedt nu volledig vanuit de regelzaal. Hiertoe zijn diverse besturingen gewijzigd.

Ten aanzien van de bedrijfsvoering zijn een aantal wijzigingen doorgevoerd, onder andere in het reactorkamer-spoelsysteem. Dit systeem dat tot doel heeft het lucht/damp mengsel in de reactorkamer te vervangen door schone lucht vóór het betreden van de reactorkamer werd altijd op overdruk ten opzichte van het reactorgebouw gehouden door een debietregelklep aan het einde van de proceslijn.

Er is nu een regelklep in het begin geplaatst, waardoor de druk in de reactorkamer tijdens spoelen enige mm waterkolom lager is dan die in het reactorgebouw. Hierdoor bereikt men dat bij mogelijke lekken van het insluitsysteem, het reactorgebouw niet besmet wordt met lucht uit de reactorkamer.

Verder zijn enige filters kortgesloten; deze voeren lucht af uit ruimten die eventueel laag besmet kunnen zijn. Er is echter op de afvoerkokers van deze ruimten een opnemer geplaatst die alarm geeft in de regelzaal indien radioactieve lucht door deze kokers wordt afgevoerd. Al deze kokers komen echter uit op het centrale afvoerkanaal, waar, de afgevoerde lucht tevens continu bewaakt wordt door de schoorsteenmonitor. Indien er aanleiding voor is kunnen de filters zonodig bijgezet worden en kan de kortsluiting worden opgeheven.

3.9. Verwerkingsinstallatie voor nat radioactiefafval

Principe van de installatie. Het te verwerken vuil bestaat uit afgewerkte harsen, precoatpoeder, corrosieproducten, (uit de bedrijfssystemen) en het residu uit de afvalindampinstallatie.

Deze stoffen worden opgeslagen in afval opslagtanks (AOT's). Per tank kan met het daarin aanwezige mengsel van water en vuil gecirculeerd worden.

Menging vindt plaats in de tanks door middel van inblazen van werklucht en/of inspuiten van deminwater en/of een roerinrichting.

Uit een op circulatie staande tank wordt het mengsel gedoseerd naar een filtreersysteem (van het fabrikaat Funda). Het uitgefiltreerde vuil wordt, na eventuele uitdrijving van het aanwezige water, van de filterplaten geslingerd en opgevangen in een zich onder het filter bevindende doseer ruimte ("hopper") met een inhoud van 200 liter. Vanuit deze hopper wordt het vuil afgevoerd naar een 200 liter vat, via een roterende doseersluis, die voorzien is van twee kamers van acht liter inhoud elk. 180° ten opzichte van elkaar verschoven.

De hopper kan in verticale richting schokbewegingen maken. Tijdens die schokken, wordt de bovenste doseerkamer gevuld, en de onderste kamer gelegeerd in het aanwezige 200 liter vat.

Het gedoseerde radioactief vuil kan in het 200 liter vat gemengd worden met cementpap door middel van een roerinrichting. Na drogen van het cement-vuil mengsel kan de drum van een deksel worden voorzien en is gereed voor verder transport. (Aan- en afvoer van de vaten geschiedt door middel van transportbanden).

Voor de cement-aanmaak is een cementreer installatie aanwezig.

Ervaringen met de installatie. Voordat tot verwerken van het radioactieve vuil werd overgegaan is de hele installatie uitgetest door de nog leeg zijnde tank AOT-4 te vullen met circa 1 m³ schone precoatpoeder en dit te verwerken via de Funda-installatie en dit (gedeeltelijk) te mengen met cementpap.

Dezelfde procedure is gevolgd met circa 1 m³ niet actieve harsen.

Bij het verwerken van deze schone materialen deden zich een aantal storingen voor, de belangrijkste waren:

- De doseerleiding van het "radioactieve" mengsel naar de doseertank RAV-T1 van de Funda-filtreerinstallatie raakte verstopt tijdens het rondpompen en doseren van een mengsel van precoatpoeder en water. (Mengverhouding 1 deel precoatpoeder en 4 delen water).
- De pneumatisch aangedreven roterende doseersluis van de "hopper" bleef tijdens het doseren van precoatpoeder in het onder de sluis staande vat zo nu en dan hangen, en was slechts met veel moeite rond te krijgen.

- De balg tussen de hopper en de bodem van het Funda filter, werd stukgeblazen, door het ontstaan van enige drukopbouw (werklucht) in de hopper.

Deze storingen zijn verholpen door:

- De doseerleiding zodanig aan te brengen dat geen vuil in de leiding kan bezinken.
- De roterende doseersluis te voorzien van een dubbele aandrijfcilinder, in plaats van een enkele. Hierdoor werd het draaimoment verdubbeld.
- Een balg aan te brengen van stevige drukbestendige constructie.

Aan de hand van de ervaringen opgedaan tijdens deze beproeving werden diverse modificaties aangebracht in de elektrische bedienings vergrendelingen en signaleringen van de cementeerinrichting, vuildoseerinrichting en de transportbanden.

De ruimte onder de hopper werd zodanig ingericht dat deze schoongespoeld kon worden, met deminwater zodat geen radioactief vuil in de ruimte achterblijft.

Het spoelwater wordt gepompt naar de doseertank van de filter installatie (RAV-T-I).

Verwerking van radioactieve afval uit AOT-T2. In AOT-T2 was circa 2 m³ afval opgeslagen bestaande uit afgewerkte precoatpoeder en indamper-concentraat.

Activiteit :	9 µCi/g		halveringstijd
Isotopen :	Co-60	3,86 µCi/g	5,27 jaar
	Mn-54	4,54 µCi/g	303 dagen
	Fe-59)	0,37 µCi/g	45 dagen
	Co-58) weinig	0,15 µCi/g	71 dagen

Het volume water in de tank bedroeg circa 10 m³. De mengverhouding van het rond te pompen medium was 1 deel vaste afval op 5 delen water.

Afval en water werden gemengd door het inblazen van werklucht in de bodemconus van de tank en via de geopende bodemafsluiter. Het was niet nodig om het in de tank aanwezige roerwerk te gebruiken.

De straling op de leidingen en de pomp bedroeg tijdens het circuleren 200 mR.h⁻¹.

Ongeveer 100 liter van het rondgepompte medium werd gedoseerd naar de doseertank van de filtreerinstallatie.

Nadat het circulatiesysteem was afgezet en gespoeld bedroeg de straling op het leiding oppervlak maximaal 10 mR.h⁻¹.

Na het uitvangen van de afval op het Funda-filter bedroeg de straling op het wandoppervlak van het filter circa 150 mR.h⁻¹ en nadat het aanwezige water uit het filterhuis was gedrukt was de straling op het wandoppervlak van het filter 600 mR.h⁻¹.

Op de wand van de hopper stond, toen het afval hierin was gebracht 3000 mR.h^{-1} .

Op het venster bij het bedieningspaneel: 35 mR.h^{-1}

Op de bedieningsplaats : 5 mR.h^{-1}

Nadat het radioactieve afval verwerkt was en de hopper en de ruimte onder de hopper gespoeld, was de straling in de ruimte kleiner dan 1 mR.h^{-1} en op de hopper 2 mR.h^{-1} .

Ongeveer 90 liter cementpap werd gedoseerd in een 200 liter vat gevolgd door een dosering van 8 liter afval, waarna het vat verder gevuld werd met cementpap.

Het geheel werd gemengd met behulp van een roerder tot een homogeen mengsel van afval en cementpap.

Mengverhouding: 1 deel afval op 24 delen cementpap.

Na het mengen, en nadat het mengsel vast was geworden, bedroeg de straling:

op het wandoppervlak van de drum : 150 mR.h^{-1}

op 1 meter van het vat : 25 mR.h^{-1}

Om een vat te mogen afvoeren buiten het centrale terrein gelden als maximale stralingsniveau's:

200 mR op het wandoppervlak

10 mR op één meter uit het oppervlak,

zodat deze manier van doseren gezien het stralingsniveau op 1 meter van deze activiteit ($9 \mu\text{Ci/g}$) ongeschikt is.

Een tweede proefverwerking vond plaats met afval uit AOT-T2 waarbij het afval werd gedoseerd in 200 liter vaten, voorzien van een 90 liter binnenvat.

Tussen 90 liter vat en 200 liter vat was een cementwand gestort van 6 centimeter dikte.

Een dosering van 8 liter afval werd gemengd met circa 80 liter cementpap.

Mengverhouding 1 volumedeel afval op 10 volumedelen cementpap.

Op deze wijze gedoseerd was het stralingsniveau:

100 mR.h^{-1} op het buiten oppervlak

10 mR.h^{-1} op één meter,

zodat per 200 liter vat -e-en dosering van 8 liter afval mogelijk is.

Voorlopige conclusies. Per 200 liter vat kan niet meer dan 16 à 24 liter radioactief vuil van de betreffende specifieke activiteit worden verwerkt. Dit betekent voor bijvoorbeeld AOT-T3 die 4 m^3 harsen bevat 180 à 250 vaten. Bij een dagproductie van circa 10 vaten vraagt dit 25 werkdagen of wel 50 mandagen; bij een goed opgezette "campagne" zal deze productie echter wel opgevoerd kunnen worden.

Door het personeel wordt per dag een stralingsdosis van 10 - 30 mR opgelopen.

3.10. Datalogger en regelstaafwaardebegrenzer

Het aantal storingen van de datalogger in 1971 bedroeg 85, de totale duur van deze storingen bedroeg 172,5 uur, de beschikbaarheidsgraad was 98%.

Het aantal storingen van de regelstaafwaardebegrenzer in 1971 bedroeg 109, de totale duur van de onderbrekingen bedroeg 322,5 uur, de beschikbaarheidsgraad was 96,3%.

Aan Philips is opdracht gegeven een aantal programma-wijzigingen aan te brengen, waarvan de belangrijkste is het verlengen van de digitale storingsnotering van 20 seconden naar 1 minuut.

Verder zullen verbeteringen aangebracht worden met betrekking tot de betrouwbaarheid van beide systemen.

4. ONDERHOUDSWERKZAAMHEDEN

4.1. Werktuigkundig onderhoud

Modificatie van het harsregeneratiesysteem (HRS). Gedurende de gehele maand januari is gewerkt aan het demonteren, verplaatsen en het weder opbouwen van de zuurmeettank, zuurregeneratietank en loogregeneratietank met de daarbij behorende afsluiters en leidingen.

Deze apparatuur werd vanuit de HRS-ruimte verplaatst naar de SWD-ruimte, terwijl in de HRS-ruimte verschillende afsluiters en leidingen verplaatst werden waardoor de toegankelijkheid tot deze ruimte verbeterde en het regeneratieproces beter gevolgd kan worden.

De verbindende leidingen tussen de SWD-ruimte en HRS-ruimte zijn gemaakt van polyethyleen omgeven door een stalen leiding om beschadiging van het polyethyleen te voorkomen.

De mechanische werkzaamheden zijn in januari vrij vlot verlopen. De elektrische werkzaamheden zoals het aansluiten van de pneumatisch bediende afsluiters en de klepstandmeldingen daarvan en het inregelen en opleveren van het gemodificeerde systeem duurden tot ongeveer half februari.

Koelwatersysteem. In juli werden de haveningang en het gedeelte tussen de ingang en koelwaterinlaat wegens aanslibbing uitgebaggerd tot + 1 m NAP waarbij 13.700 m³ baggerspecie werd afgevoerd.

Tijdens deze baggerperiode vervuilden vele direct door Waalwater gekoelde systemen zodat enige koelers moesten gereinigd worden.

In november werden de damwanden en ducdalven, gebruik makend van de lage rivierwaterstand, geschilderd.

De lage rivierwaterstand (4,30 m NAP) en het, door slibafzetting, steigende bodempeil van de haven maakten het noodzakelijk opnieuw baggerwerk uit te voeren.

Omdat dicht voor de koelwaterinlaat gebaggerd moest worden werd een knijperbeunschip ingezet waarmee 2100 m³ baggerspecie werd afgevoerd.

Bedrijfskoelwaterpompen. Door warm lopen van het lagerblok van pomp no. 2, dat zich in de bovenzijde van het lantaarnstuk bevindt en dat bestaat uit een dubbelrijig zelfinstellend lager, een taatslager en een steunring, werd een defect aan dit lagerblok geconstateerd.

Na demontage werd de as uitgelijnd, waarbij bleek dat de as 1,4 mm uit het midden stond.

De fabrikant heeft deze pomp na herhaaldelijk storingen aan het bovenlager in de fabriek geheel gedemonteerd en gecontroleerd, waarbij gevonden werd dat de pasvlakken van het onderste lantaarnstuk niet parallel lagen. Deze vlakken werden nabewerkt. Als oorzaak van deze afwijking gaf de fabrikant op dat de gietstukken na het gieten te vroegtijdig waren bewerkt.

Regelstaafaandrijfsysteem. Tijdens een korte stilstand van beide pompen werden de gecombineerde afsluiter-terugslagkleppen in de persleiding gedemonteerd en voorzien van nieuwe veren.

De gecombineerde afsluiters-terugslagkleppen in de zuigleiding werden aan de klepstang gekoppeld, zodat bij geopende afsluiter deze ook werkelijk openstaat.

Een eventueel lek kan zich nu niet via de pomp opbouwen tot aan de meetapparatuur aan de lagedrukzijde, want door de geopende zuigafsluiters staan de zuigleidingen nu in open verbinding met de gezamenlijke zuigleiding.

Modificatie van het reactorafkoelsysteem en het splitsstofbassinkoelsysteem bestaande uit het aanbrengen van expansiebalgen in de mantels van de drie warmtewisselaars. Na het spoelen van de te modificeren warmtewisselaars en het aanbrengen van een werkvloer werden, om de expansiebalgen over de rompen te kunnen schuiven, de toe- en afvoerleidingen van de primaire en secundaire zijden van het systeem doorgezaagd en werd een gedeelte van de ondersteuningsconstructie van de warmtewisselaars weggenomen. Bovendien werden, in verband met Stoomwezen inspecties de onder- en bovendecksels verwijderd.

Voor het doorslijpen van de rompen werden de slijpsneden afgetekend en afgecenterd. Tijdens het doorslijpen werden, zodra de romp ter plaatse doorgeslepen was en regelmatig over de omtrek verdeeld, vier centreernokken aan de bovenhelft van de romp gelast om te voorkomen dat de twee rompdelen niet op dezelfde hartlijn zouden blijven. Na het doorslijpen draaiden de rompdelen zich, ten gevolge van inklemspanningen tussen de ingerolde pijpen en de pijpplaten, circa 7 mm ten opzichte van elkaar.

Na het doorslijpen zakte de, niet ondersteunde, onderhelft van de romp circa 2 mm, wat waarschijnlijk mogelijk werd gemaakt door het langzaam rechtekken van de pijpen van de bundels die bij de vervaardiging van de warmtewisselaars in horizontale stand waren ingebracht. Onder andere door het uitzakken van de doorgeslepen romp kan de aanvankelijk voorgeschreven voorspanning op de expansiebalg niet geheel verkregen worden

De volgorde van de verschillende bewerkingen was: (zie ook figuur W.O.-I).

- Doorslijpen c.q. zagen leidingwerk om balgen aan te kunnen brengen.
- Wegnemen onder en bovendecksels om nog volgende Stoomwezen inspecties mogelijk te maken.
- Aftekenen slijpsnede.
- Aanbrengen topdeelring door hechten, lassen, uitslijpen en aflassen buitenzijde.
- Idem aanbrengen onderdeelring.
- Richten deelringen ten opzichte van elkaar.
- Doorslijpen van de romp en aanbrengen vier centreernokken.
- Boren van gaten in de romp voor aftappen en ontluchten van de kamer die ontstaat tussen romp en expansiebalg.
- Tegenslijpen van de deelringen aan de binnenzijde tegen de romp, wat met moeilijkheden gepaard ging doordat geen goed slijpgereedschap beschikbaar was om in de hoek tussen deelring en romp te komen. Een oplossing werd gevonden door een combinatie van slijpen en het gebruik van zogenaamde blaaselektroden.

- Aanbrengen van acht verstijvingsplaten, door middel van een K-las, tussen deelring en romp.
Ter plaatse van de rompdwarsnaden, op de warmtewisselaars, werden de verstijvingsplaten uitgeslepen en werd de montageglas onderbroken.
- Expansiebalgen over de deelringen schuiven, verdeling lasvooropeningen en voorlassen, slijpen en aflassen aan de onderzijde.
- Voorspannen van de expansiebalgen met behulp van span-tangen en hechtlassen.
De hechtlassen werden later door uitslijpen verwijderd.
Ten gevolge van de onrendheid van de pompen van de warmtewisselaars en afwijkingen in de rondheid van de aan de expansiebalgen gelaste koolstofstalen manchetten liepen de lasopeningen nogal uiteen.
Te grote vooropeningen werden gecorrigeerd door het aanbrengen van vullassen.
- Aanbrengen van de doorgezaagde leidingen.
- De controle op het laswerk werd uitgevoerd door naslijpen en vloeistofpenetrant onderzoek.
- De onder keur vallende weer aan te lassen leidingen werden door de Röntgen Technische Dienst geröntgend.

Voor de aanvang van de uitvoering van de wijzigingen aan de warmtewisselaars werden op de wisselaars stralingsniveau's gemeten tot, plaatselijk, 100 mR.h^{-1} en algemeen van $50 - 700 \text{ mR.h}^{-1}$. Door enkele malen spoelen met schoon water kwam het algemene niveau op circa 50 mR.h^{-1} , behalve bij SBK-W1 waarvan het stralingsniveau op 700 mR.h^{-1} bleef. SBK-W1 werd tijdelijk met lood bekleed wat resulteerde in een werkniveau van circa 50 mR.h^{-1} .

Toen de expansiebalg op SBK-W1 moest worden aangebracht werd besloten om met behulp van pijpenborstels het kenmerklijk vastzittende actieve vuil uit deze warmtewisselaar te verwijderen.

Het borstelen van de pijpen der warmtewisselaars werd uitgevoerd met behulp van nylon borstels, 1 mm groter dan de inwendige pijpdiameter, geplaatst op een pijp van voldoende lengte. Op de pijp werd een waterslang aangesloten, het water kan door openingen in de pijp juist boven de borstel over de borstel uitstromen en zo het losgemaakte vuil wegspoelen.

Het vuile water werd via de aftap in het onderdeksel van de warmtewisselaar afgevoerd.

In het, in compartimenten verdeelde, onderdeksel bleef vrijveel actief vuil staan; dit werd weggespoeld door een andere pijp met wateraansluiting tot in dit onderdeksel te brengen en met een krachtige straal het vuil weg te spoelen.

Het resultaat van het borstelen was opmerkelijk goed; na éénmaal borstelen was het stralingsniveau van 700 op 150 mR.h⁻¹ gekomen. Na nog driemaal borstelen was het stralingsniveau verminderd tot circa 30 mR.h⁻¹.

Luchtstofbesmetting, bewaakt met behulp van een continue luchtstofmonitor, deed zich tijdens het borstelen niet voor. Het personeel dat het borstelen uitvoerde, stond circa 1,5 m boven de bovenzijde van de warmtewisselaar en liep slechts weinig straling op.

Omdat de resultaten van dit borstelen zo gunstig uitvielen is besloten meer professionele borstelapparatuur aan te schaffen, deze apparatuur bestaat uit luchtgedreven borstels die ook een wateraansluiting hebben.

Modificatie van het reactorwaterzuiveringssysteem. De belangrijkste werkzaamheden die moesten worden uitgevoerd waren het verwijderen van de oude en het plaatsen en aansluiten van de nieuwe warmtewisselaars.

Figuur W.O.-II geeft een indruk van de toegankelijkheid van de warmtewisselaargalerij en de beperkte werkruimte.

Van de warmtewisselaars RZS-W2a, b en c, werden an het doorzagen van zes stuks 1" Ø ontluchtingsleidingen, de kopdeksels verwijderd en de pijpenbundels getrokken. Een pijpenbundel werd op de 36 m vloer van het reactorgebouw, in de spoelruimte, horizontaal opgeslagen, terwijl de twee andere bundels tevens in voornoemde ruimte werden neergelaten, doch in de kraan bleven hangen. De drie kopdeksels werden op de 36 m vloer opgeslagen. Om eventuele luchtbesmetting te voorkomen werden zowel de pijpenbundels als de kopdeksels in plastic hoezen verpakt. Door het verwijderen van deze pijpenbundels werd ter plaatse in het RZS-systeem, het stralingsniveau aanzienlijk gereduceerd.

Het bestaande leidingsysteem werd geschikt gemaakt voor aansluiting en aanpassing aan de nieuwe warmtewisselaars RZS-W3a en b.

De bestaande warmtewisselaar RZS-W3 werd compleet uitgesneden en op een platte wagen op de 13 m vloer neergelegd.

De beide nieuwe warmtewisselaars RZS-W3 a en b werden ingesneden, voorzien van prefab draagprofielen en op de juiste positie bevestigd.

De GKS prefab toe- en afvoerleidingen werden aan de warmtewisselaars RZS-W3 a en b pasgemaakt en aangelast.

De warmtewisselaar RZS-W1, die reeds geruime tijd geleden gedemonteerd en sindsdien niet meer in bedrijf was geweest, werd voorzien van een nieuwe pijpenbundel. Daartoe werden het kopdeksel en de bodemafblindplaat verwijderd. Het eerder aangebrachte kortsluitgat in het scheidings-schot werd door middel van een schuifplaatje, opgesloten in de sponning van het topdeksel, dichtgemaakt. Bij inspectie van de nieuwe pijpenbundel bleken de pakking-sponningen circa 3 mm te diep te zijn, en ongeschikt voor afdichting. Besloten werd de sponningdiepte met circa 3 mm te verminderen; op de frais- en draaibank werden de buiten-gelegen kragen respectievelijk afgefraisd en afgedraaid. De pijpenbundel die opgesloten ligt tussen de romp en de verdeelkast, werd door middel van een daartoe speciaal aangemaakt trekstel, in positie gebracht, waarna de romp overgeschoven en het geheel met bouten bevestigd werd.

Het primaire en het secundaire leidingsysteem werd door middel van lassen aangesloten, en de doorgezaagde ontluuchtingsleiding op het deksel werd opnieuw aangelast.

Bij inspectie van de warmtewisselaars RZS-W2 a en b, bleken de verdeelschotverbindingen op de roestvaststalen bekleding in het deksel scheurtjes te vertonen; er werden vier scheurtjes uitgefraisd. De scheurtjes hadden zich niet in de bekleding voortgezet.

Voor het ten behoeve van Stoomwezen beproeven van de warmtewisselaars RZS-W2a, b en c werden de pijpenbundels ingehesen en met speciale drukringen opgesloten en gemonteerd.

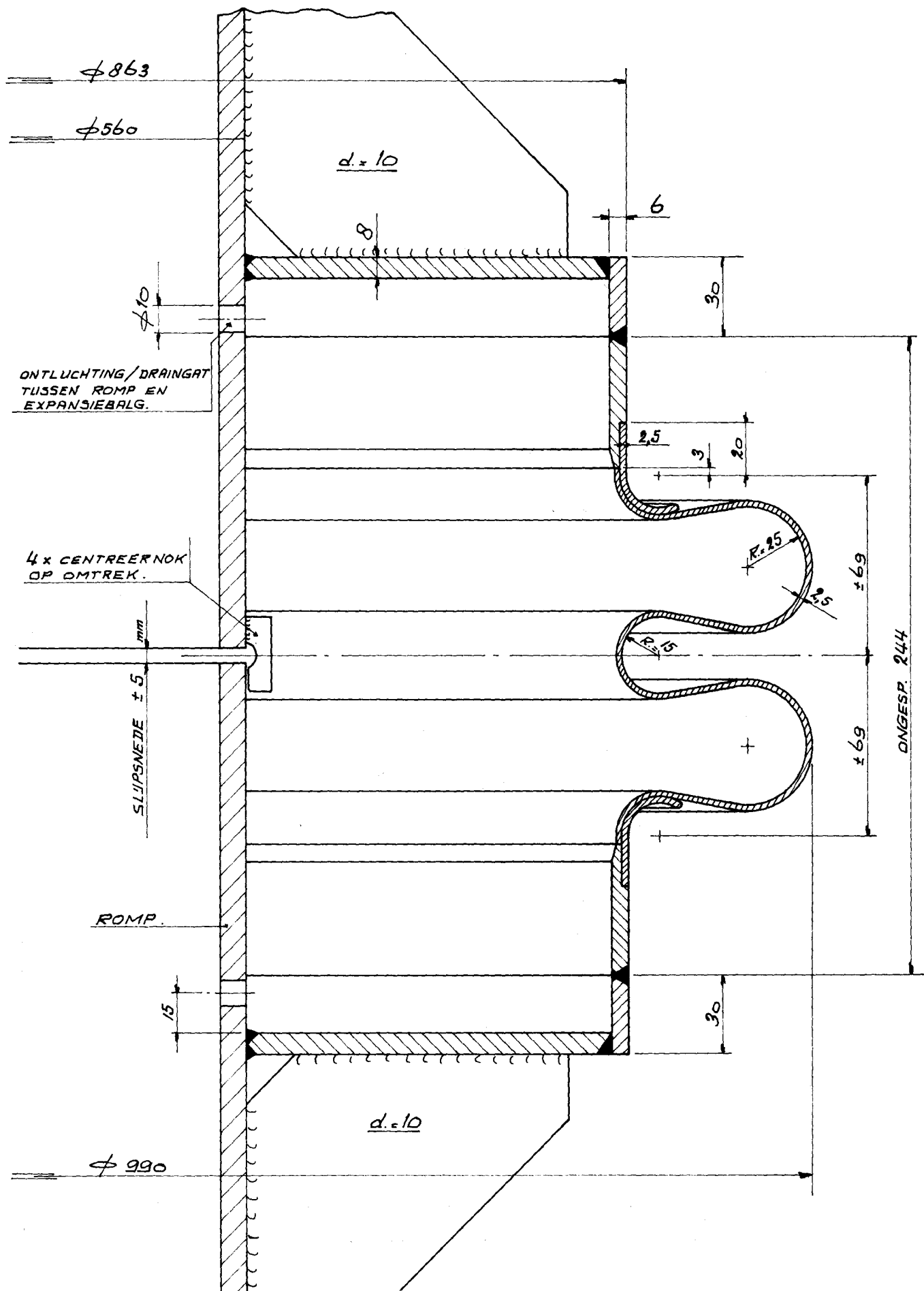
Na het beproeven van de warmtewisselaars RZS-W2 a, b en c, werden de kopdeksels aangebracht en de ontluuchtingsleidingen aangelast.

Na beëindiging der montagewerkzaamheden werden alle roestvrijstalen leidingen en onderdelen met Pelox schoongewassen.

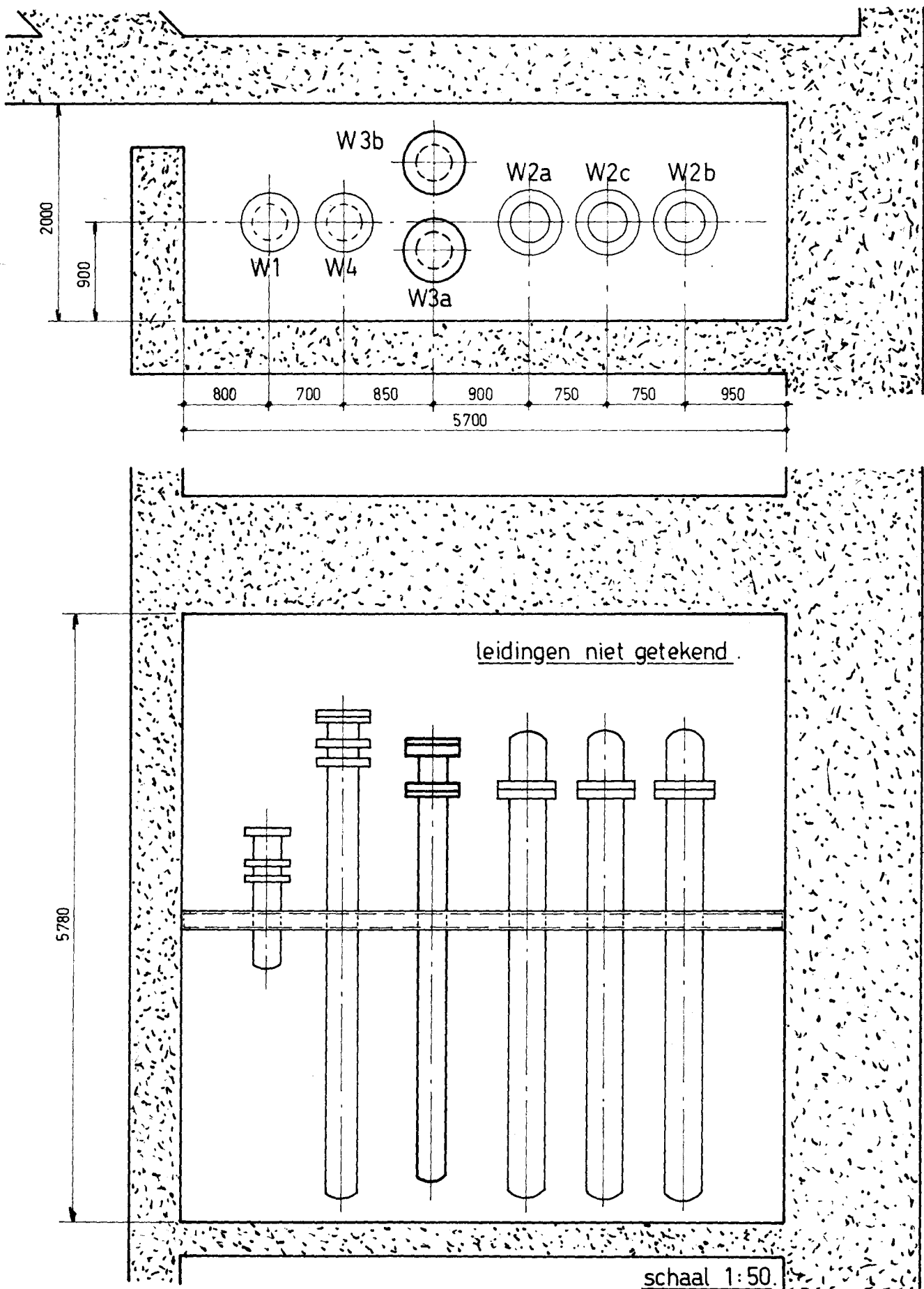
De koolstofstalen leidingen en constructies werden geschilderd.

De roestvrijstalen leidingen, flenzen en kopdeksels werden door middel van glaswol respectievelijk asbestdekens geïsoleerd.

Montage van expansiebalgen in warmtewisselaars (koelers)
van SBK-W1 en W2, en R.A.S.-W1.



Opstelling R.Z.S.-warmtewisselaars in R.Z.S.-ruimte
na W3 ombouw.



4.2. Elektrotechnisch onderhoud

Generator. Tijdens de maart-april stop is de 65 MVA/10,5 kV generator, fabriikaat Smit-Slikkerveer, geopend en de rotor verwijderd, om de volgende inspecties te kunnen uitvoeren:

- de generatorlagers
- de wikkelingen, wikkelkoppen en aansluitingen van de stator
- de rotor
- de asafdichtingen.

Er zijn enkele losse houten gleufspieën in de generator gevonden. Tevens werd in het oliesysteem van de asafdichtingen ter plaatse van de beide generatoraseinden en in de vacuum-tank van genoemd oliesysteem, nogal wat ijzerbramen, ijzer- vijlsel en stukjes slak van elektrisch gelegde lassen aangetroffen, op plaatsen waar deze deeltjes niet door de olie- stroom werden meegenomen.

Genoemde deeltjes moeten tijdens montagewerkzaamheden van de installatie, in de bouwperiode, in het systeem gekomen zijn. Het oliesysteem is na gereedkomen van de installatie niet gespoeld. De deeltjes zijn verwijderd en tevens zijn horizontaal liggende olieleidingen gedemonteerd en gereinigd. Geïnspecteerd is verder de aansluitkast en de pakkingen onder de isolatoren. Hierbij zijn géén bijzonderheden gevonden.

Opwekker en planetaire tandwielkast. Bij Smit-Slikkerveer werd de opwekker gereinigd van koolstofdelen, werden de kol- lectoren van de hoofd- en van de hulpopwekker afgedraaid en werd de opwekker geïnspecteerd.

De planetaire tandwielkast, 3000 op 1000 omwentelingen per minuut, tussen generator en opwekker, is bij de firma Rade- makers in Rotterdam geïnspecteerd.

Motorgeneratorsets. De beide motorgeneratorsets, elk be- staande uit, een draaistroommotor, een draaistroomgenerator, en een gelijkspanning motor-generator, zijn gedemonteerd, in- en uitwendig gereinigd, van nieuwe lagers voorzien en ge- monteerd.

De draaistroomgenerator voedt belangrijke reactor- en tur- binebeveiligingsapparatuur. Om deze set zonder spannings- onderbreking uit bedrijf te kunnen nemen is synchroniseer- apparatuur (Heemaf-Rapitact) ingebouwd. Met het eigenbe- drijfsnet kan nu zonder spanningsonderbreking, voor de be- lasting, gesynchroniseerd worden, waarna de set uit bedrijf genomen kan worden.

Elektromotoren. Naar aanleiding van eerder uitgevoerde trillingsmetingen, door de KEMA, aan de in toeren regelbare 600 pk/3 kV sleepringankermotor van voedingwaterpomp no. 3, is bij de leverancier de motor gereviseerd. Bij de eerste keer proefdraaien van de motor in de centrale kwamen er vonken uit de rotor aan aandrijfzijde. Bij inspectie bleek de isolatie van een onderstaaf, precies bij het blikpakket, naar het blikpakket te zijn doorgeslagen, echter zonder het blikpakket te beschadigen. Mogelijk oorzaken zouden kunnen zijn, beschadiging van een rotorstaaf of het ontstaan van scheurtjes in de isolatie tengevolge van rotoronbalans. De rotor werd opnieuw gewikkeld.

Twee van de vier motoren van de koelluchtventilatoren van de reactorkamer zijn vervangen door motoren met betere elektrische en mechanische eigenschappen. In het verleden deden zich bij deze motoren, welke in een vochtige omgeving van circa 40°C draaien, nogals eens moeilijkheden voor.

4.3. Instrumentatie onderhoud

Processtralingsmeetapparatuur. Van de veiligheidsautoriteiten werd toestemming verkregen voor de inbouw van een neutronenflux onderdrukkingsnetwerk in de lineaire beveiligingskanalen. Hierdoor is het mogelijk de fluxpiek te dempen, welke ontstaat bij lastafschakelingen en turbinetrips.

De kans dat er bij deze gelegenheden een ongewenste reactor-scam zal optreden wordt hierdoor verminderd. Het netwerk zal alleen werkzaam zijn in geval van lastafschakelingen en turbinetrips. De inbouw zal plaats vinden in 1972.

Bij het testen van de ruimtemonitors met behulp van een radioactieve bron, bleek in sommige gevallen de aanwijzing niet correct te zijn, door een onjuiste signaaloverdracht van de detector naar de uitleesapparatuur. De nodige verbeteringen zullen in 1972 aangebracht worden.

Van de periodekanalen zijn de kabels in het biologisch schild vernieuwd, dit in verband met het feit dat deze kabels niet stralingsbestendig waren.

Van beveiligingskanaal N5 werd de detector en kabel vervangen, daar de gevoeligheid van het meetsysteem ontoelaatbaar terugliep.

Bij het Reactor centrum Nederland is een reactiviteitsmeter gekocht, bestaande uit voorversterker, voeding en uitleesapparatuur. De gehele opstelling is in het verslagjaar geïnstalleerd en in bedrijf genomen. Het signaal wordt verkregen van een opnemer welke samen met de opnemer van periodekanaal N4 in het biologisch schild geplaatst is.

De splijtingsproductenmonitors zijn geheel gecontroleerd, op nieuw afgeregeld en geïnspecteerd. Hierbij zijn geen bijzondere defecten of verouderingsverschijnselen waargenomen.

Fysische meetopstellingen. In het handbediende neutronenfluxijksysteem werd een nieuwe detector geplaatst. Tevens werd weer een reserve detector aangekocht.

De gammascan opstelling werd geheel omgebouwd. De detector staat nu droog opgesteld op de 31 m vloer van het reactorgebouw. In de betonwand van het splijtstofopslagbassin is hiertoe een gat geboord. Het besturingsmechanisme, dat nu dient om het element te verplaatsen, is sterk vereenvoudigd, evenals de positieterugmelding.

Van de geïnstumenteerde splijtstofbundel zijn alle neutronenfluxdetectors defect geraakt.

De thermokoppels en de turbine debietmeter hebben uitstekend gewerkt.

De referentiedampbelfractiemeter heeft niet goed kunnen werken, daar waarschijnlijk de kabel los geraakt is van de referentie opnemer in het valkanaal.

Hierdoor was ook de dampbelfractiemeter in het geïnstumenteerde splijtstof element zelf slechts ten dele bruikbaar.

Diverse stralingsmeetapparatuur. De telset welke de activiteit van diverse tanks in de waterbehandeling zou moeten meten is afgeschaft, daar deze apparatuur ongeschikt en overbodig bleek te zijn. Hetzelfde geldt voor de watermonitors van het afvalchemicaliën, het vloerwater en het waswatersysteem. De stralingscontroledienst apparatuur werd uitgebreid met twee mobiele continue luchtstofmonitors, welke na enkele modificaties in bedrijf gesteld konden worden. Meerdere draagbare β - γ -monitors werden afgeschaft. De bestaande kledingmonitors - die zeer frequent defect waren - werden afgeschaft en vervangen door een betrouwbaarder en eenvoudiger type. Hetzelfde geschiedde met de voetenmonitors.

Niveaumeting reactorvat. Met behulp van een testmeting is bepaald, dat de bedrijfsniveaumetingen op het reactorvat aanzienlijk te laag aanwijzen. De oorzaak hiervan is de onjuiste manier waarop de meetleidingen op het reactorvat zijn aangesloten. Wijziging van dit systeem is in behandeling.

Hoofddrukregeling. De elektrische apparatuur van de hoofddrukregeling is door het Hoogfrequentlaboratorium van de KEMA onderzocht. Een aantal zwakke punten die bij deze controle naar voren kwamen zijn verbeterd. Het probleem van het trillen van de omloopklep is verholpen door het drukzendersignaal te dempen.

Waterbehandeling. De moeilijkheden met de niveaumeting in de tanks van de waterbehandeling zijn nu onderkend door de leverancier. Van fabriekswege zal een compensatiemethode ontwikkeld worden, waardoor het mogelijk zou moeten zijn zowel demiwater als verontreinigd water met de zelfde opnemer betrouwbaar te meten.

Ter verbetering van de lozingsmeldingen op de datalogger is een voorstel uitgewerkt, waarbij de integratie voorwaarde voor het lozingsdebiet gekoppeld is aan het open zijn van de lozingsklep. Tevens is het dichtlopen van de lozingsklep gekoppeld aan het laagniveausignaal van de tank. Aan de uitvoering van deze wijziging wordt gewerkt.

Regelkleppen. De condensaatomloopklep en de niveauregelklep van het ontwateringsvat van de hogedrukwaterafscheider bleken bij inspectie aanzienlijke slijtage te vertonen juist onder de stellietlaag. De binnenwerken van deze kleppen zijn vernieuwd.

De drukreducerkleppen in het reactorwaterzuiveringssysteem en de reducerkleppen in de onderloopleiding van de cyclonen van het reactorwaterzuiveringssysteem bleken ook versleten te zijn, deze kleppen werden eveneens voorzien van nieuwe binnenwerken.

Regelstaafaandrijfsysteem. Bij het testen van het reactorbeveiligingssysteem werd ontdekt, dat de wijze waarop de scram-back-up kleppen en de scramkleppen zelf gemonteerd zijn kans geven op een scram, wanneer alleen reactorbeveiligingsketen 1 afgevallen is. Door de aansluitwijze van de scramback-up kleppen te wijzigen is het probleem hier verholpen. Door de foutieve schakelmethode van de scramkleppen zelf, kan men minstens 11 uur alleen op keten 1 de reactor in bedrijf houden, zodat hier geen maatregelen nodig zijn.

5. CHEMISCHE EN RADIOCHEMISCHE BEDRIJFSASPECTEN

5.1. Primair systeem

Het geleidingsvermogen van het reactorwater is begin 1971 vrij constant, na de bedrijfsonderbreking in maart/april blijkt het te stijgen waarbij het geleidingsvermogen na de reactorwaterzuiveringsdemi zelfs hoger wordt dan van het reactorwater.

Als verklaring kan hiervoor gegeven worden dat de reactorwaterzuiveringsdemi gedurende de genoemde bedrijfsonderbreking als mechanisch filter voor de corrosieproducten uit het reactorwater gebruikt is. Daarbij zijn opgeloste stoffen uit het reactorwater opgenomen die tijdens bedrijf weer afgegeven worden. Dit moeten echter stoffen zijn die dan weer met de stoom verwijnen, aangezien geen sterke toename van het geleidingsvermogen van het reactorwater geconstateerd wordt. De mogelijkheid bestaat dat het bicarbonaat (HCO_3^-) dat tijdens de bedrijfsonderbreking door de anionhars opgenomen is nu weer afgegeven wordt. Dit zou dan gedeeltelijk omgezet kunnen worden in koolzuur (H_2CO_3) en als koolzuurgas (CO_2) met de stoom kunnen ontwijken.

Na enige tijd bedrijf neemt het geleidingsvermogen weer af. In oktober/november is het reactorwaterzuiveringssysteem enkele weken uit bedrijf geweest, voor een modificatie, wat een verhoging van het geleidingsvermogen van het reactorwater veroorzaakte. Nadat het reactorwaterzuiveringssysteem weer in bedrijf genomen was daalde het geleidingsvermogen weer zeer snel tot meer aanvaardbare waarden. Het is daarom aan te bevelen, om tijdens een langere stilstandsperiode van het reactorwaterzuiveringssysteem, een mogelijkheid te creëren om toch reactorwater te kunnen spuien en daarmee het geleidingsvermogen zo laag mogelijk te houden.

De hoeveelheid ijzer in het condensaat bedraagt ongeveer $30 - 35 \mu\text{g.kg}^{-1}$ en na de condensaatreinigingsdemi ongeveer $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$, dit duidt op een vrij hoog ijzertransport naar de reactor. In het reactorwater varieert de hoeveelheid ijzer nogal sterk, hetgeen veroorzaakt kan worden door een sterk wisselend stromingsbeeld.

De hoeveelheid opgeloste zuurstof in het condensaat varieert tussen de $6 - 10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ hetgeen redelijk te noemen is. De afgasactiviteit is iets gedaald nadat in de bedrijfsonderbreking van maart/april 42 nieuwe splijtstofelementen in de reactor gekomen zijn.

Eind oktober werd een plotselinge stijging van de afgasactiviteit geconstateerd, die na een kortstondige daling weer iets steeg. Dit alles wees op een kleine lekkage van een of meerdere splijtstofstaafjes.

Na het splijtstofwisselen in maart/april dalen de activiteiten in het gehele primaire systeem en blijven daarna vrijwel constant.

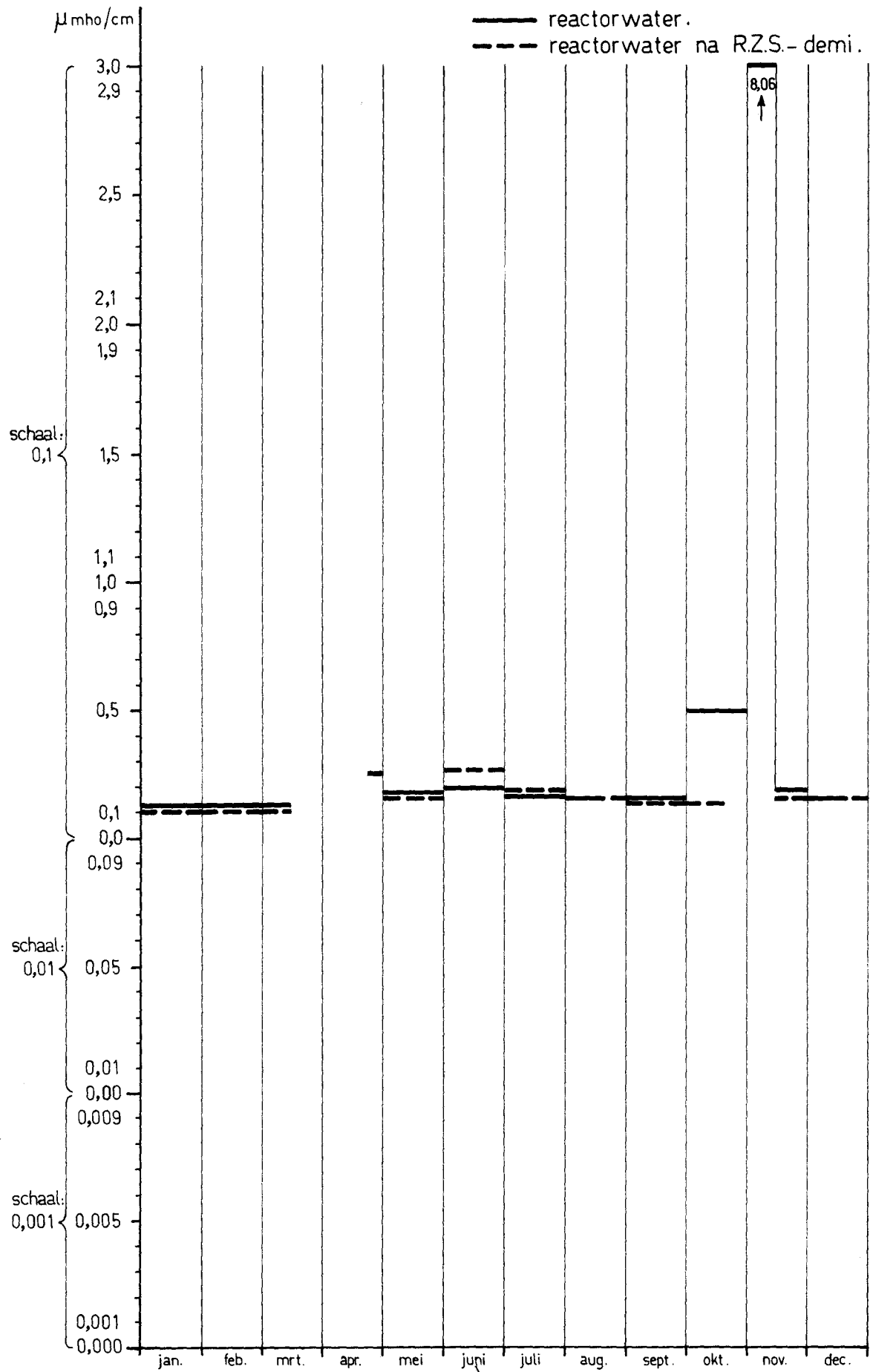
In oktober stijgt de activiteit van het reactorwater zeer sterk vanwege het uit bedrijf zijn van het reactorwaterzuiveringssysteem.

Nadat dit systeem medio november weer in bedrijf werd genomen daalde de activiteit van het reactorwater weer.

De activiteit van de stoom was in dezelfde tijd gestegen door het vrijkomen van gasvormige splijtingsproducten.

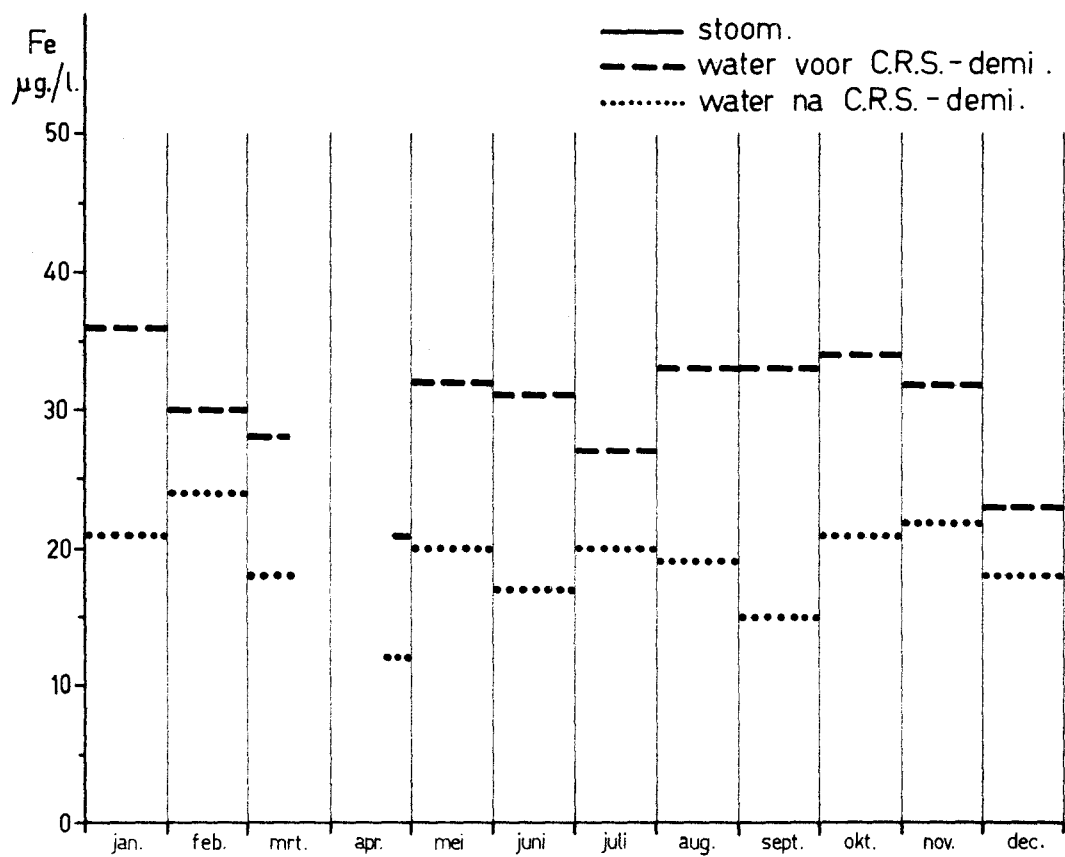
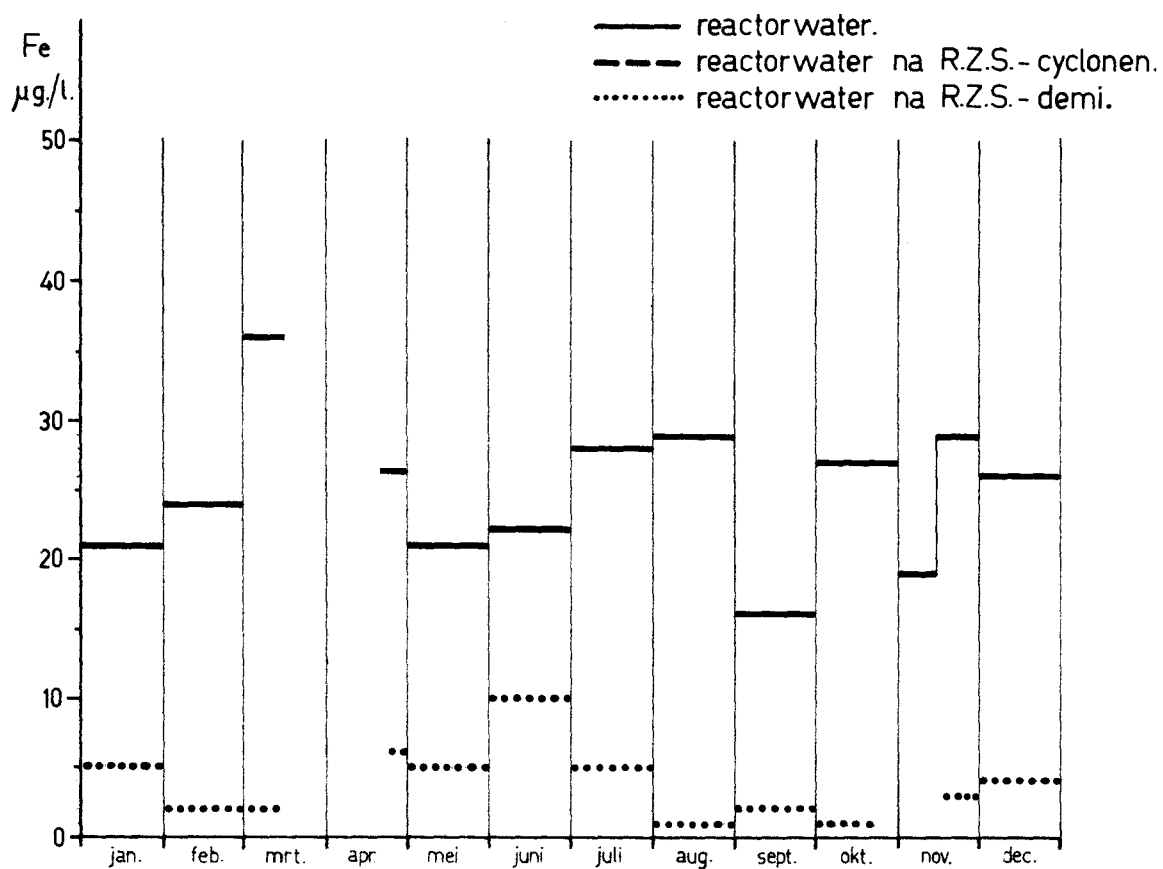
CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM.

maandgemiddelden geleidbaarheid in 1971.



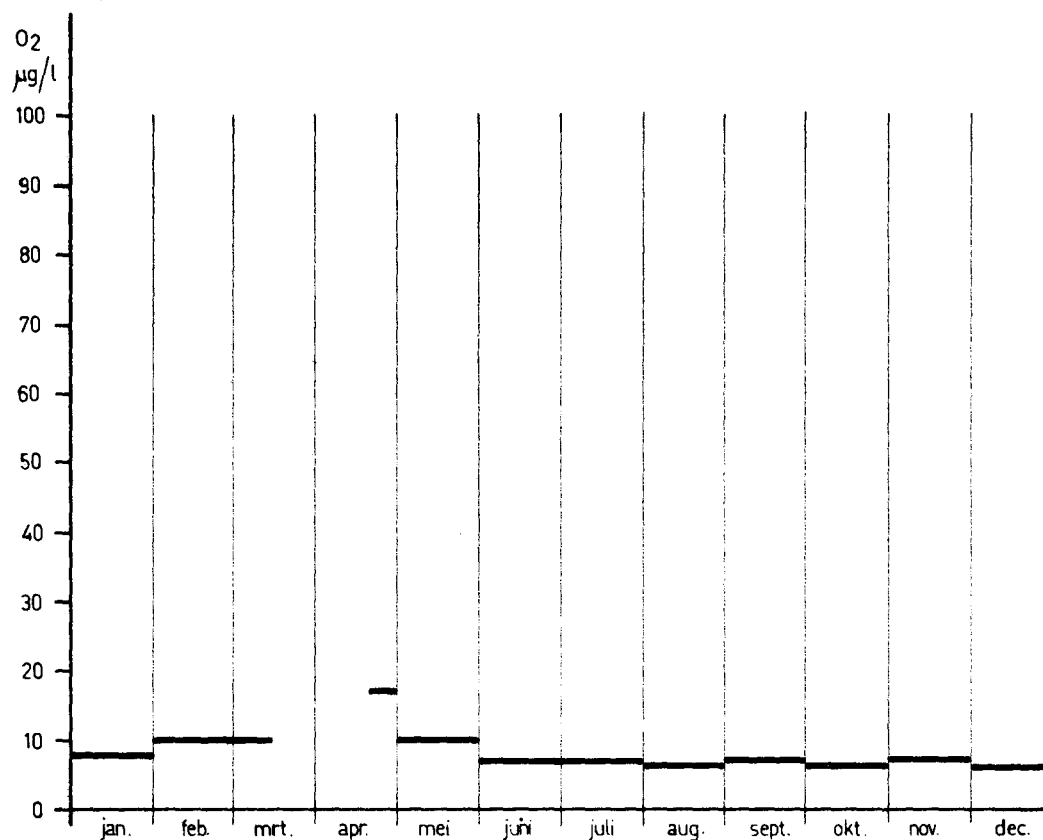
CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM.

maandgemiddelden Fe - (ijzer) gehalte van het water in 1971.

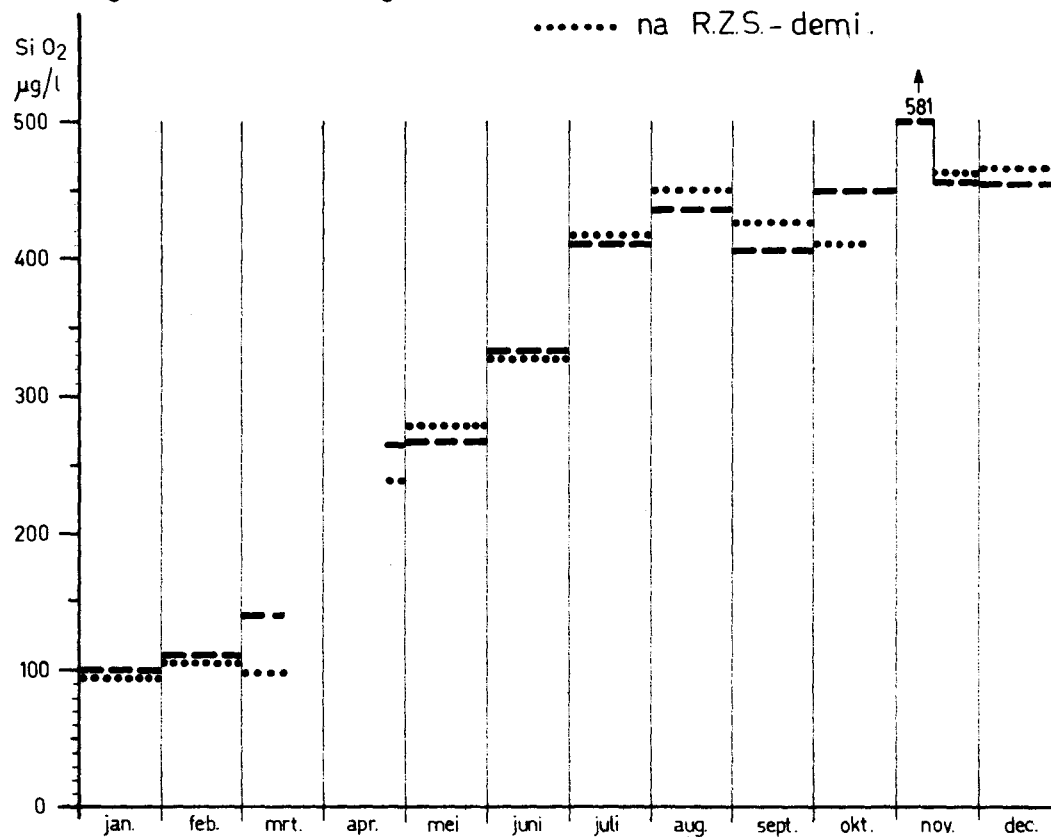


CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM 1971.

maandgemiddelde O_2 - gehalte : — voor C.R.S.- demi.

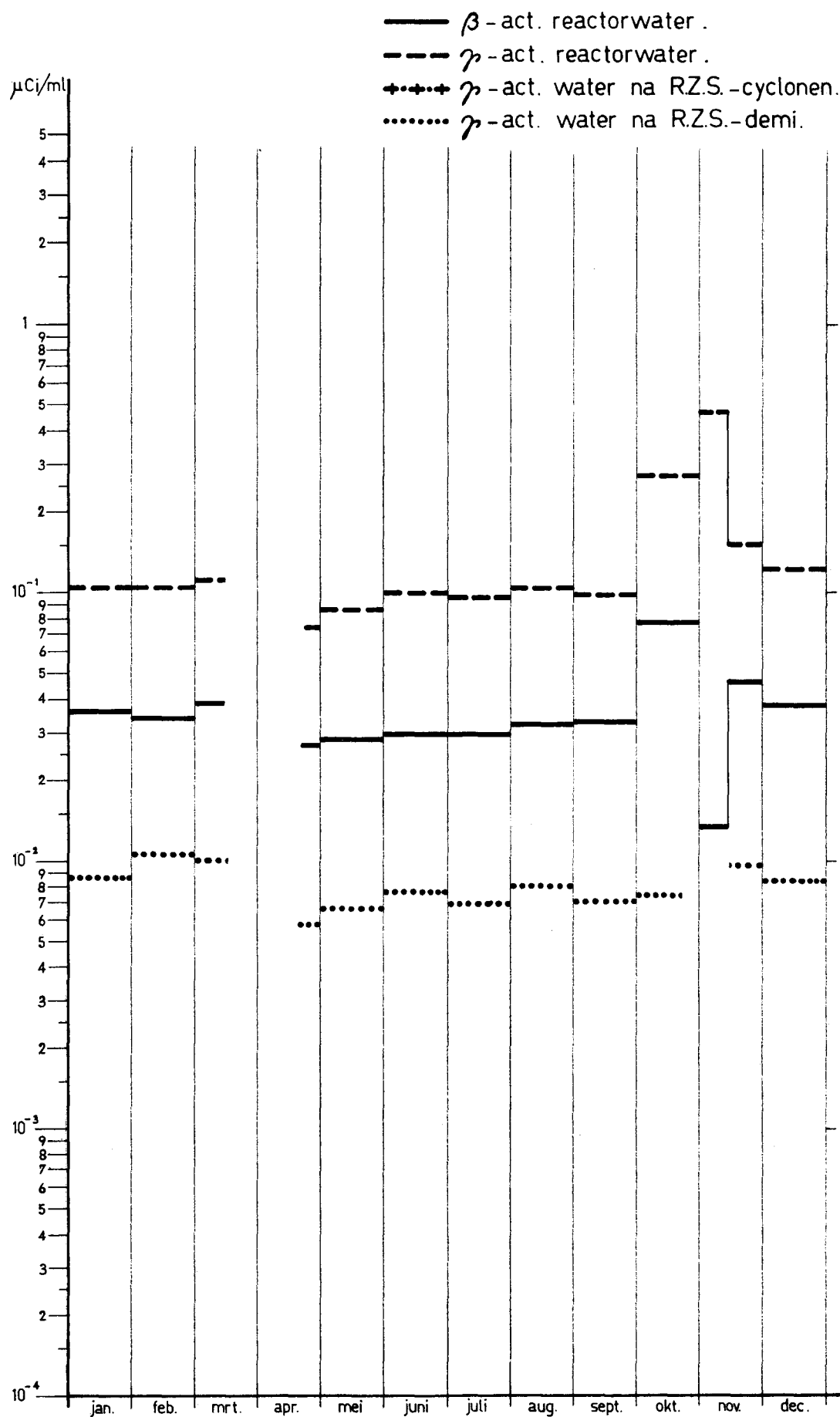


maandgemiddelde SiO_2 - gehalte: — reactorwater.
..... na R.Z.S.- demi.



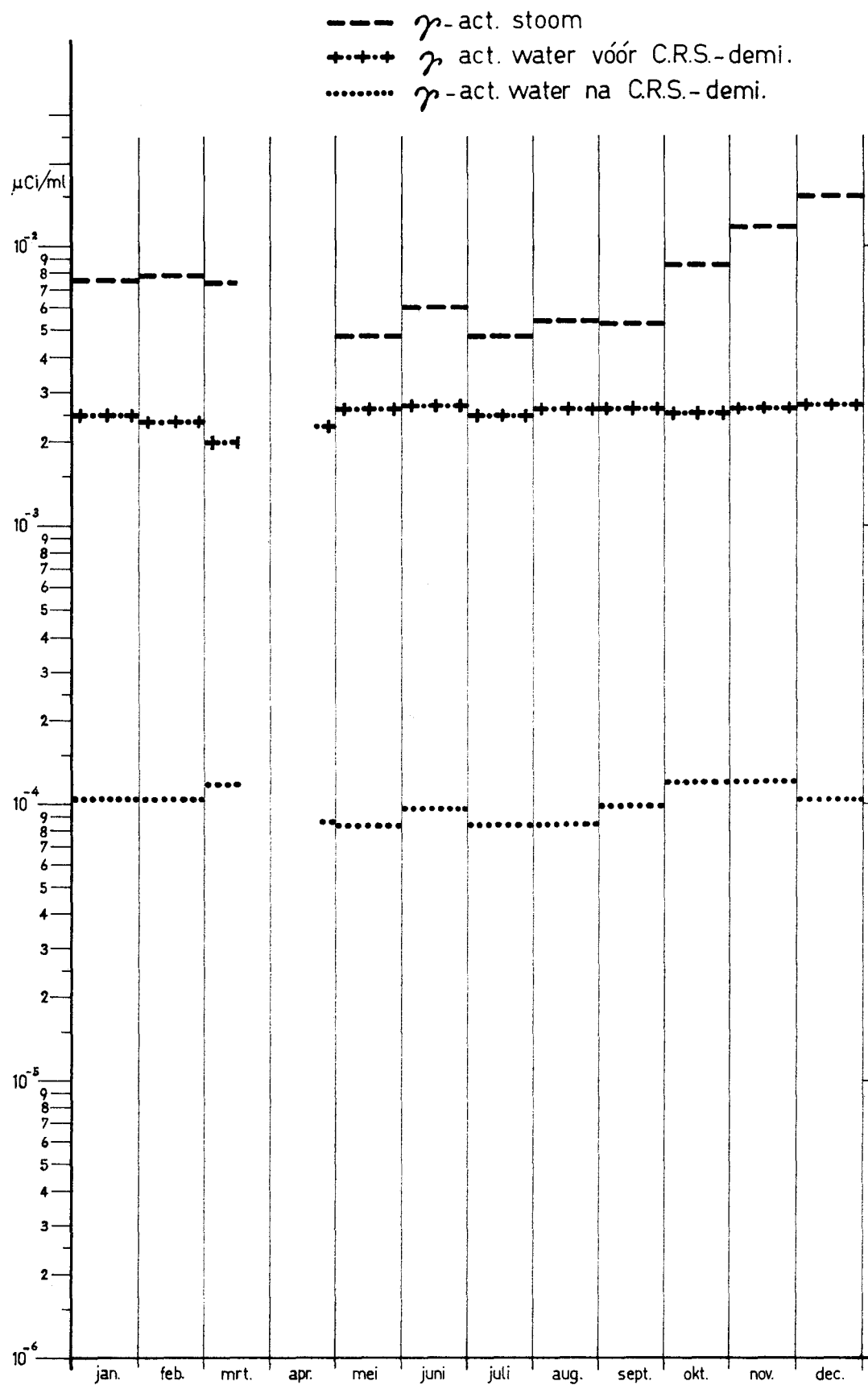
RADIOCHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM

maandgemiddelden β - en γ -activiteit van het reactorwater, en
reactorwaterzuiveringssysteem in 1971.



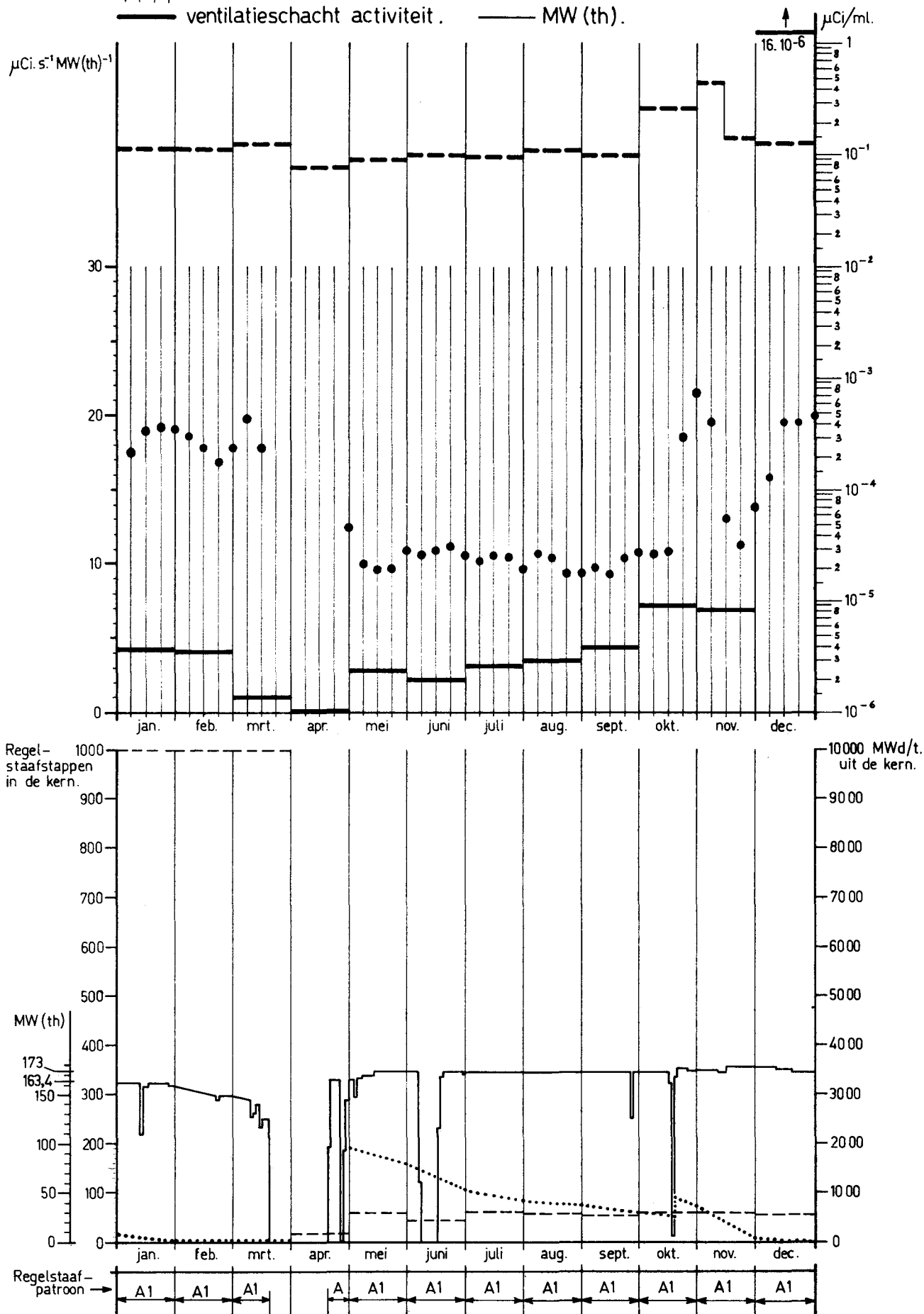
RADIOCHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM

maandgemiddelden β - en γ - activiteit van de stoom, en het stoomcondensaatsysteem in 1971 .



AFGASACTIVITEIT / BEDRIJFSTOESTAND 1971

- γ -act. reactorwater .
- regelstaafstappen nog in de kern.
- afgasact. weekgemiddelden.
- MW d uit de kern.
- ventilatieschacht activiteit .
- MW (th).



5.2. Chemische aspecten van de ombouw van het reactorwaterzuiveringssysteem (RZS)

Korte RZS-stop. In september is het reactorwaterzuiverings-systeem (RZS) korte tijd uit bedrijf genomen voor het verhelpen van een lekkage.

Van deze korte stop, die circa 100 uur duurde, is gebruik gemaakt om na te gaan of de stralingsniveau's op de warmte-wisselaars en pijpleidingen beduidend te verminderen waren door het systeem te spoelen met gedemineraliseerd water, maar een wezenlijke verlaging trad niet op.

Doordat er geen mogelijkheid was om een monster van het reactorwater te nemen als het RZS uit bedrijf is, konden de veranderingen in het reactorwater niet gemeten worden.

Wel is voor en na de RZS-stop het geleidingsvermogen van het reactorwater gemeten om iets te kunnen voorspellen over de geleidingsvermogenstoename per tijdseenheid bij een langere RZS-stop die voor eind oktober gepland was.

Het geleidingsvermogen van het reactorwater bedroeg voor de korte stop $0,16 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ en na inbedrijfname van het RZS $1,74 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Dit betekent een toename van $1,75 - 0,16 = 1,59 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ in 97 uur, oftewel $0,0164 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ per uur.

De indikkingsfactor, dat is het quotient van het voedingwaterdebiet en de inhoud van het reactorvat, bedraagt 6,5.

Het voedingwater heeft een geleidingsvermogen dat dus $0,0164 : 6,5 = 0,0025 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, boven het geleidingsvermogen van zuiver water ligt, dat veroorzaakt wordt door daarin opgeloste zouten.

Lange RZS-stop. In oktober werd het RZS uit bedrijf genomen voor het vervangen van RZS-W3 door twee nieuwe warmte-wisselaars, het aanbrengen van een nieuwe pijpenbundel voor RZS-W1 en het uitvoeren van enkele kleine modificaties.

Om tijdens het uit bedrijf zijn van het RZS reactorwater te kunnen monsternen werd een tijdelijk monsterpunt aangebracht op een instrumentatieleiding. Op het monsterpunt was een geleidingsvermogenmeter aangesloten en verder werd dagelijks gemonsterd om een indruk te krijgen van de veranderingen in het reactorwater.

De chemische en radiochemische analyses zijn opgenomen in tabel 1 terwijl het geleidingsvermogen en de hoeveelheid natrium in het reactorwater grafisch weergegeven is in figuur Chemie-VII.

De β - en γ -activiteit en de hoeveelheid Na-24 van het reactorwater is in figuur Chemie-VIII weergegeven.

Verder zijn er enkele gammaspectra van het reactorwater opgenomen, zie tabel 2, om een indruk te geven van de isotopensamenstelling.

Analyseresultaten tijdens stilstand RZS. Uit tabel 1 en figuur Chemie-VII blijkt dat het geleidingsvermogen tijdens de stilstand van het RZS vrijwel lineair toeneemt. De geleidingsvermogen toename bedraagt ongeveer $0,0238 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, dit betekent bij een indikkingsfactor van 6,5 dat het geleidingsvermogen van het voedingwater ongeveer $0,0036 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ groter is dan het geleidingsvermogen van zuiver water. Dit geleidingsvermogen wordt veroorzaakt door opgeloste zouten, bijvoorbeeld NaCl , Na_2SO_4 , die door de condensaatreinigingsdemi (CRS) lekken. In deze demi bestaat een evenwicht tussen de opgenomen ionen en de ionen die afgegeven worden, waardoor deze zeer geringe ionenlekage ontstaat. Dit is bijvoorbeeld duidelijk te zien aan de hoeveelheid natrium in het reactorwater. Nadat gedurende 21 dagen $260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ voedingwater naar het reactorvat gevoerd is, zonder dat reactorwater via het RZS gezuiverd werd, bedraagt de hoeveelheid natrium daarin ongeveer $1400 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dit betekent dat door de CRS-demi een hoeveelheid natrium lekt met een concentratie van $0,43 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, wat volgens de normale vlamfotometrische methode niet meer te bepalen is.

Als dit natrium als zuiver NaOH door de CRS-demi zou lekken dan behoort bij $1400 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ een geleidingsvermogen van $15,05 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, is het echter in de vorm van NaCl aanwezig dan dient het geleidingsvermogen $7,70 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ te zijn. Het geleidingsvermogen is echter $12,1 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ en de hoeveelheid Cl^- is maar $90 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, zodat geconcludeerd mag worden dat zich in het reactorwater nog andere ionen bevinden zoals HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , maar in dermate lage concentraties dat ze nauwelijks aantoonbaar zijn.

De pH van het reactorwater stijgt langzaam tot een maximale waarde van 9,5, zou al het natrium in het reactorwater echter in de vorm van NaOH door de CRS-demi met het voedingwater in het reactorvat zijn gekomen dan zou deze waarde maximaal 9,8 geworden zijn.

De hoeveelheid chloride in het reactorwater is enkele malen gemeten en bereikte een maximumwaarde van $90 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, wat niet verontrustend is.

De toename van zowel de β - als de γ -activiteit van het reactorwater was aanzienlijk. Gedurende de 21 dagen dat het RZS uit bedrijf is geweest nam de activiteit met een factor honderd toe. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door de activering van Na in Na-24 . De maximale activiteit van Na-24 bedraagt $3,2 \cdot 10^0 \mu\text{Ci} \cdot \text{ml}^{-1}$, ongeveer de evenwichtsactiviteit als $1400 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Na in het reactorwater geactiveerd wordt met een flux van $3 \cdot 10^{14} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Uit de isotopensamenstelling van het reactorwater, zie tabel 2, volgt dat er een toename is van de verschillende splijtingsproducten.

Deze activiteiten en ook de stijging daarvan staan echter in geen enkele verhouding te opzichte van de stijging van de activiteit van het isotoop Na-24 .

Tijdens de RZS-stop zijn, vanwege de hoge activiteit van het Na-24 in het reactorwater, ook carry-over metingen in de stoom gedaan. Al deze metingen gaven echter als uitkomst dat de carry-over in de stoom kleiner dan 0,1% was.

In bedrijfname RZS. Na een stilstand van 21 dagen werd het RZS weer in bedrijf genomen.

Duidelijk is in de verschillende grafieken te zien dat het geleidingsvermogen, de hoeveelheid natrium, de β - en γ -activiteit en de Na-24 activiteit binnen enkele uren weer gedaald waren tot normale waarden.

Van het geleidingsvermogen is nog een extra grafiek gemaakt, figuur Chemie-IX, om de daling per tijdseenheid nauwkeuriger te kunnen volgen.

Het geleidingsvermogen is in 3 uur gedaald van $12 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ tot $2,5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, dit is nadat de gehele inhoud van het vat éénmaal door de RZS-demi gevoerd is.

Na ongeveer 14 uur heeft het geleidingsvermogen zijn oorspronkelijke waarde weer bereikt van $0,14 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Opgemerkt wordt dat nog steeds RZS-demi F2, die sinds januari 1970 in bedrijf was, deze opgeloste zouten uit het reactorwater verwijderde.

Recapitulatie en conclusie. Uit de opgedane ervaringen blijkt dat spoelen van het RZS met gedemineraliseerd water de stralingsniveau's op de warmtewisselaars en pijpleidingen nauwelijks af doet nemen. Verder blijkt dat het geleidingsvermogen en de hoeveelheid opgeloste zouten recht evenredig toenemen met de ionenlekage van de CRS-demi.

De toename van de activiteit van het reactorwater wordt voornamelijk veroorzaakt door de activering van Na tot Na-24 en maar in zeer geringe mate door de splijtingsproducten.

Nadat het RZS gedurende langere tijd uit bedrijf is geweest zal, na inbedrijfname daarvan, alles zich na ongeveer 12 - 14 uur weer op normale bedrijfswaarden ingesteld hebben. In de General Electric specificaties wordt geadviseerd het geleidingsvermogen tot maximaal $1 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ op te laten lopen waarbij de pH mag variëren tussen 5,5 - 8,6.

Als het geleidingsvermogen echter boven $1 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ komt dan mag dit maximaal $10 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ worden gedurende maximaal 14 dagen per jaar. De pH mag dan variëren van 4 - 10, mocht daarbij de pH de limiet van 5,5 - 8,6 overschrijden dan dient deze binnen 24 uur daarbinnen teruggebracht te worden. Tijdens deze RZS-stop is het geleidingsvermogen gedurende ongeveer 18 dagen hoger dan $1 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ geweest, waarvan 5 dagen zelfs hoger dan $10 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

De pH is gedurende 14 dagen groter dan de limietwaarde 8,6 geweest, maar heeft de maximumwaarde van 10 niet overschreden.

De hoeveelheid chloride heeft de maximaal toelaatbare waarde van $100 \mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ niet overschreden, zelfs niet benaderd.

Alles bij elkaar kan gesteld worden dat het RZS, uit chemisch oogpunt bezien te lang uit bedrijf is geweest.

Bij volgende revisies zou het nuttig zijn om voorzieningen te treffen waardoor de demi tussentijds in bedrijf genomen kan worden om de kwaliteit van het reactorwater binnen de specificaties te houden.

Tabel 1.

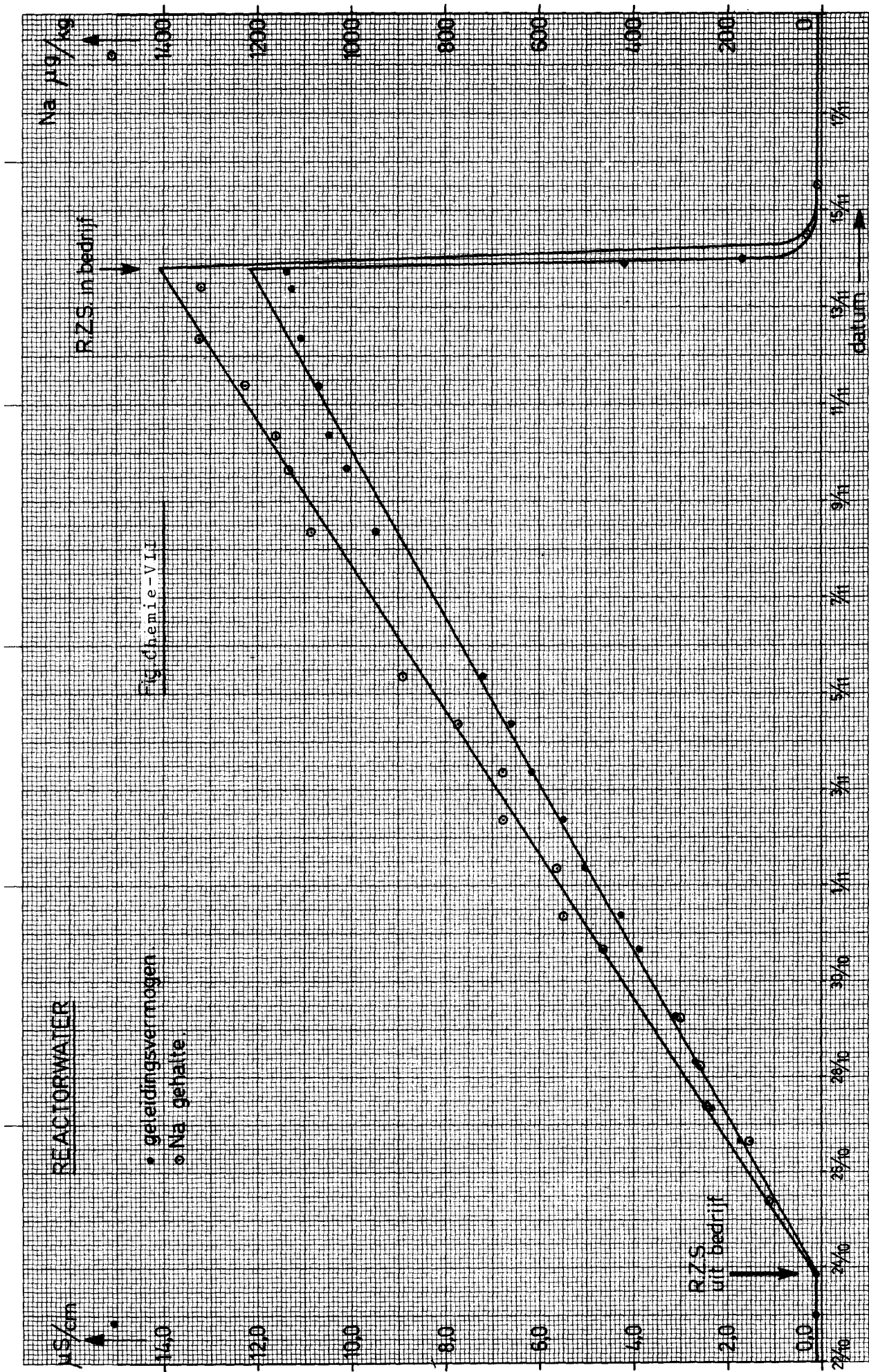
Chemische - radiochemische analyses tijdens RZS-stop.

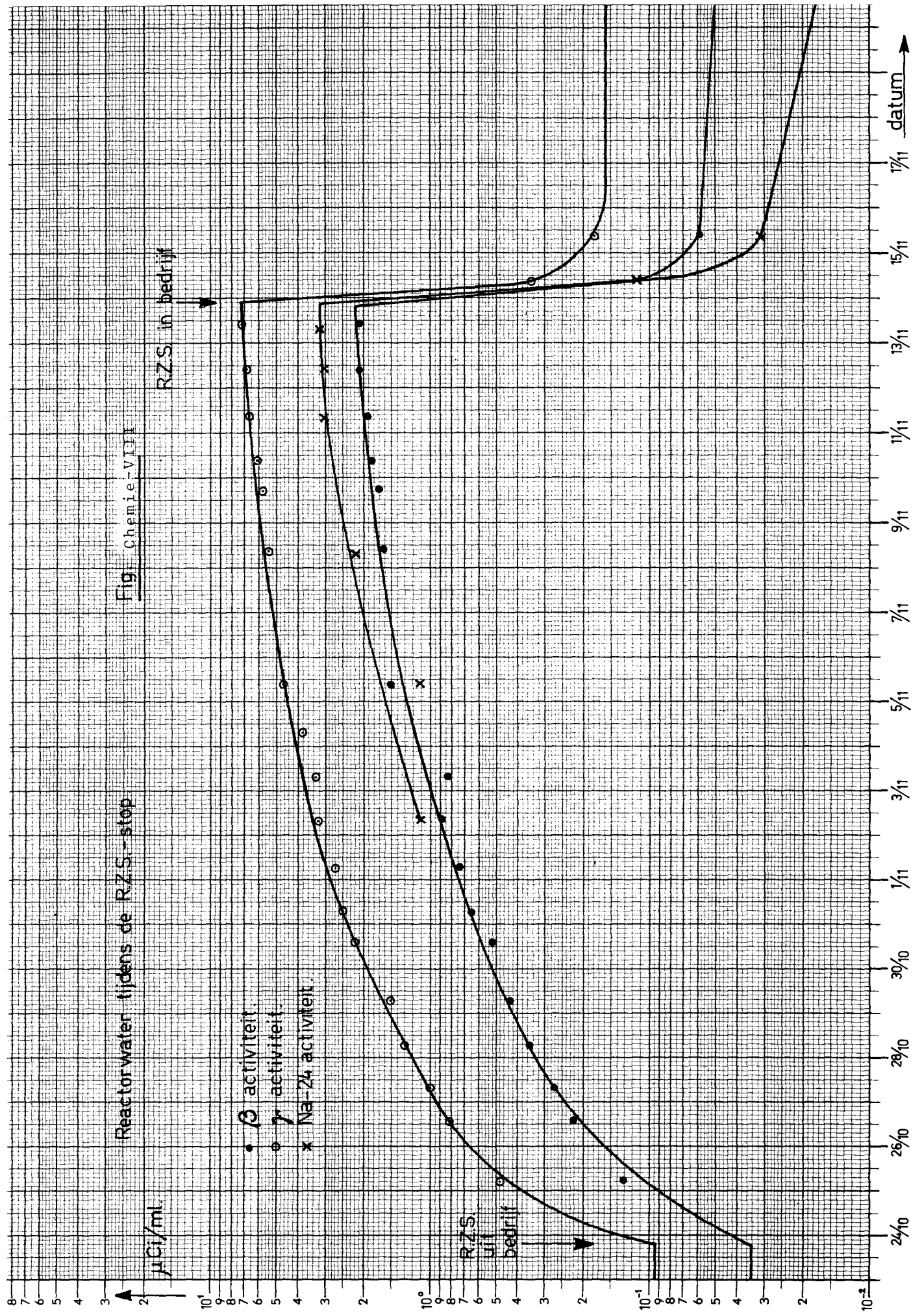
datum	tijd	gelei- dings- vermo- gen $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	pH	natrium $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$	chlo- ride $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$	β -act $\mu\text{Ci}.\text{ml}^{-1}$	γ -act $\mu\text{Ci}.\text{ml}^{-1}$	Na-24 act. $\mu\text{Ci}.\text{ml}^{-1}$
22-10	09.00	0,14	---	< 1	< 40	$3,5.10^{-2}$	$9,5.10^{-2}$	---
24-10	18.00	RZS uit bedrijf						
25-10	09.00	---	---	115	---	$1,3.10^{-1}$	$4,9.10^{-1}$	---
26-10	14.00	1,75	---	155	---	$2,2.10^{-1}$	$8,1.10^{-1}$	---
27-10	10.00	2,40	8,7	240	---	$2,7.10^{-1}$	$1,0.10^0$	---
28-10	09.30	2,75	8,2	263	---	$3,3.10^{-1}$	$1,3.10^0$	---
29-10	09.30	3,10	8,7	298	---	$4,3.10^{-1}$	$1,5.10^0$	---
30-10	14.30	3,90	8,8	464	---	$5,2.10^{-1}$	$2,2.10^0$	---
31-10	10.00	4,30	9,1	550	---	$6,6.10^{-1}$	$2,5.10^0$	---
1-11	10.00	5,03	9,0	564	40	$7,3.10^{-1}$	$2,7.10^0$	---
2-11	09.00	5,52	9,2	678	---	$8,9.10^{-1}$	$3,2.10^0$	$1,2.10^0$
3-11	09.00	6,20	9,2	676	---	$8,2.10^{-1}$	$3,3.10^0$	---
4-11	09.30	6,61	8,8	773	---	$1,2.10^0$	$3,9.10^0$	---
5-11	09.30	7,20	9,1	893	---	$1,5.10^0$	$4,6.10^0$	$1,2.10^0$
8-11	09.30	9,50	8,8	1086	60	$1,6.10^0$	$5,4.10^0$	$2,2.10^0$
9-11	15.00	10,1	9,2	1133	---	$1,7.10^0$	$5,7.10^0$	---
10-11	09.30	10,5	9,4	1162	---	$1,8.10^0$	$6,0.10^0$	----
11-11	09.30	10,7	9,4	1229	---	$1,9.10^0$	$6,5.10^0$	$3,0.10^0$
12-11	09.00	11,1	9,5	1324	90	$2,1.10^0$	$6,9.10^0$	$3,0.10^0$
13-11	10.00	11,4	9,4	1320	---	$2,1.10^0$	$9,0.10^0$	$3,2.10^0$
13-11	20.00	RZS in bedrijf						
14-11	09.30	0,44	8,4	31	---	$1,1.10^{-1}$	$3,5.10^{-1}$	$1,2.10^{-1}$
15-11	09.45	0,26	---	13	< 40	$6,0.10^{-2}$	$1,8.10^{-1}$	$3,1.10^{-2}$
22-11	09.00	0,26	---	8	< 40	$5,1.10^{-2}$	$1,6.10^{-1}$	$1,7.10^{-2}$
29-11	09.00	0,14	---	5	< 40	$3,9.10^{-2}$	$1,2.10^{-1}$	$6,1.10^{-3}$

Tabel 2.

Isotopensamenstelling reactorwater.

Isotoop in $\mu\text{Ci/ml}$	22-10-1971	28-10-1971	8-11-1971	12-11-1971
Mo-99	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
Tc-99 ^m	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$6,9 \cdot 10^{-2}$	$5,7 \cdot 10^{-2}$
Mo-101	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$7,2 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$
Tc-101	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$
J-131	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
J-132	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
J-133	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
J-134	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
J-135	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$9,3 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$
Totaal	$7,5 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-1}$	$2,9 \cdot 10^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-1}$



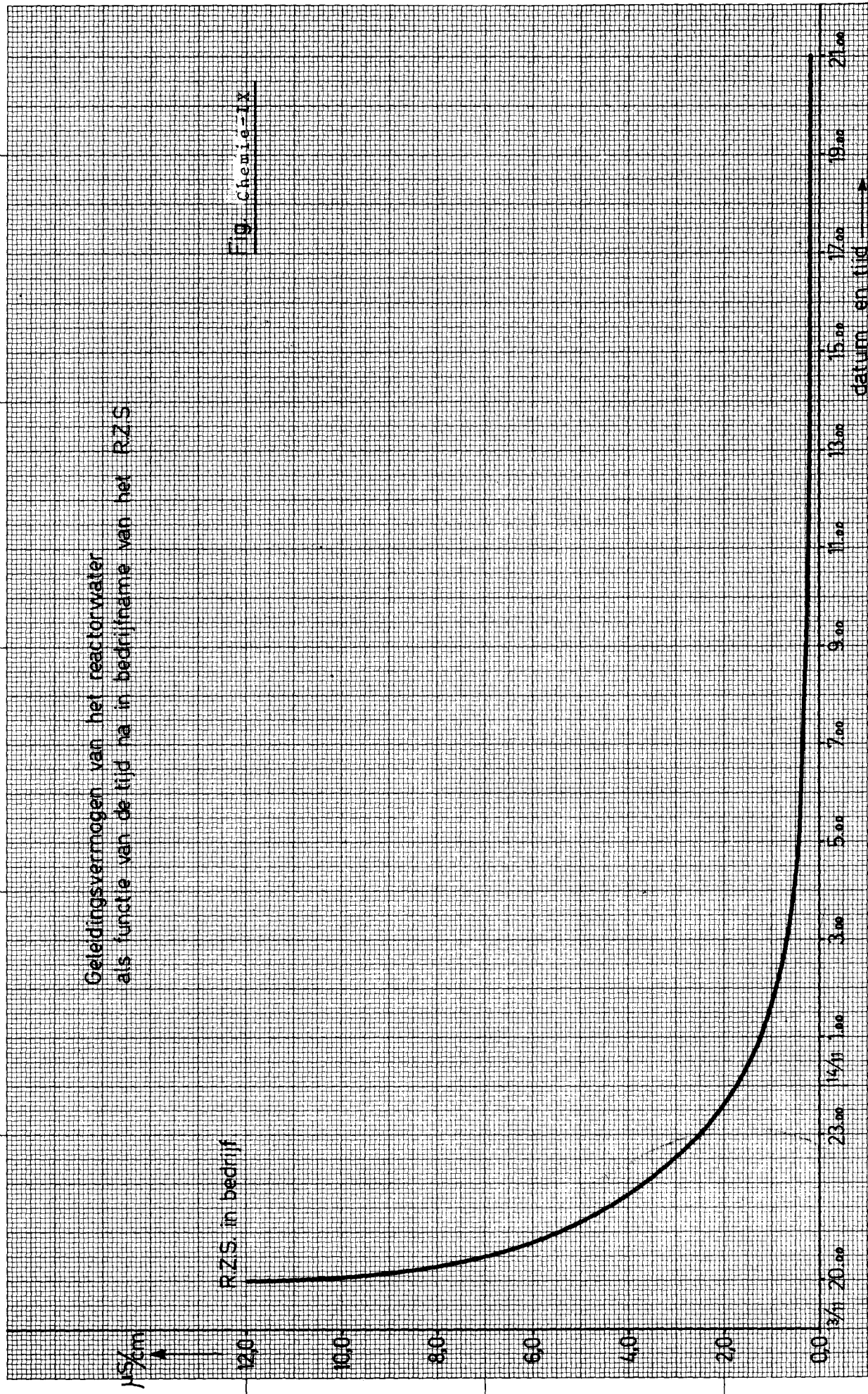


Geleidingsvermogen van het reactorwater
als functie van de tijd na in bedrijfname van het RZS

RZS in bedrijf

$\mu S/cm$

Fig. Chemie-IX



5.3. Waterhuishouding

	Totaal in 1971			Totaal in 1970		
	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹ (gem.)	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹ (gem.)
Geloosd via VWB	3.384	1.203.728	3,6.10 ⁻⁴	4.309	2.041.199	4,7.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB	1.446	155.944	1,1.10 ⁻⁴	1.120	141.735	1,3.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB	420	237.762	5,7.10 ⁻⁴	258	139.614	5,4.10 ⁻⁴
Totaal geloosd	5.250	1.597.434	3,0.10 ⁻⁴	5.687	2.322.548	4,1.10 ⁻⁴

VWB = vloerwaterbehandelingssysteem
 WWB = waswaterbehandelingssysteem
 ACB = afvalchemicaliënbehandelingssysteem

Om een indruk te krijgen welke hoeveelheden water en daarbij behorende activiteiten geproduceerd werden tijdens de bedrijfsonderbrekingen van maart/april 1971 en maart/april/mei 1970, worden de gegevens daarvan nog eens apart vermeld.

	maart/april 1971			maart/april/mei 1970		
	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹ (gem.)	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹ (gem.)
Geloosd via VWB	984	284.229	2,9.10 ⁻⁴	1.513	728.443	4,8.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB	300	26.319	0,9.10 ⁻⁴	375	82.283	2,2.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB	144	84.504	5,9.10 ⁻⁴	81	37.878	4,7.10 ⁻⁴
Totaal geloosd	1.428	395.052	2,8.10 ⁻⁴	1.969	848.604	4,3.10 ⁻⁴

In voorgaande tabellen is duidelijk te zien dat de grootste hoeveelheid water en activiteit, evenals in 1970, geloosd werd via het vloerwaterbehandelingssysteem.

De gemiddelde specifieke activiteit in $\mu\text{Ci.ml}^{-1}$ is voor het water uit het vloerwaterbehandelingssysteem en het waswaterbehandelingssysteem voor 1971 lager dan in 1970, hetgeen dan ook duidelijk tot uitdrukking komt in de totaal geloosde activiteit in 1970.

De hoeveelheid activiteit geloosd via het afvalchemicaliënbehandelingssysteem is sterk afhankelijk van het aantal malen opspoelen en regenereren van de verschillende demineralisatiebedden.

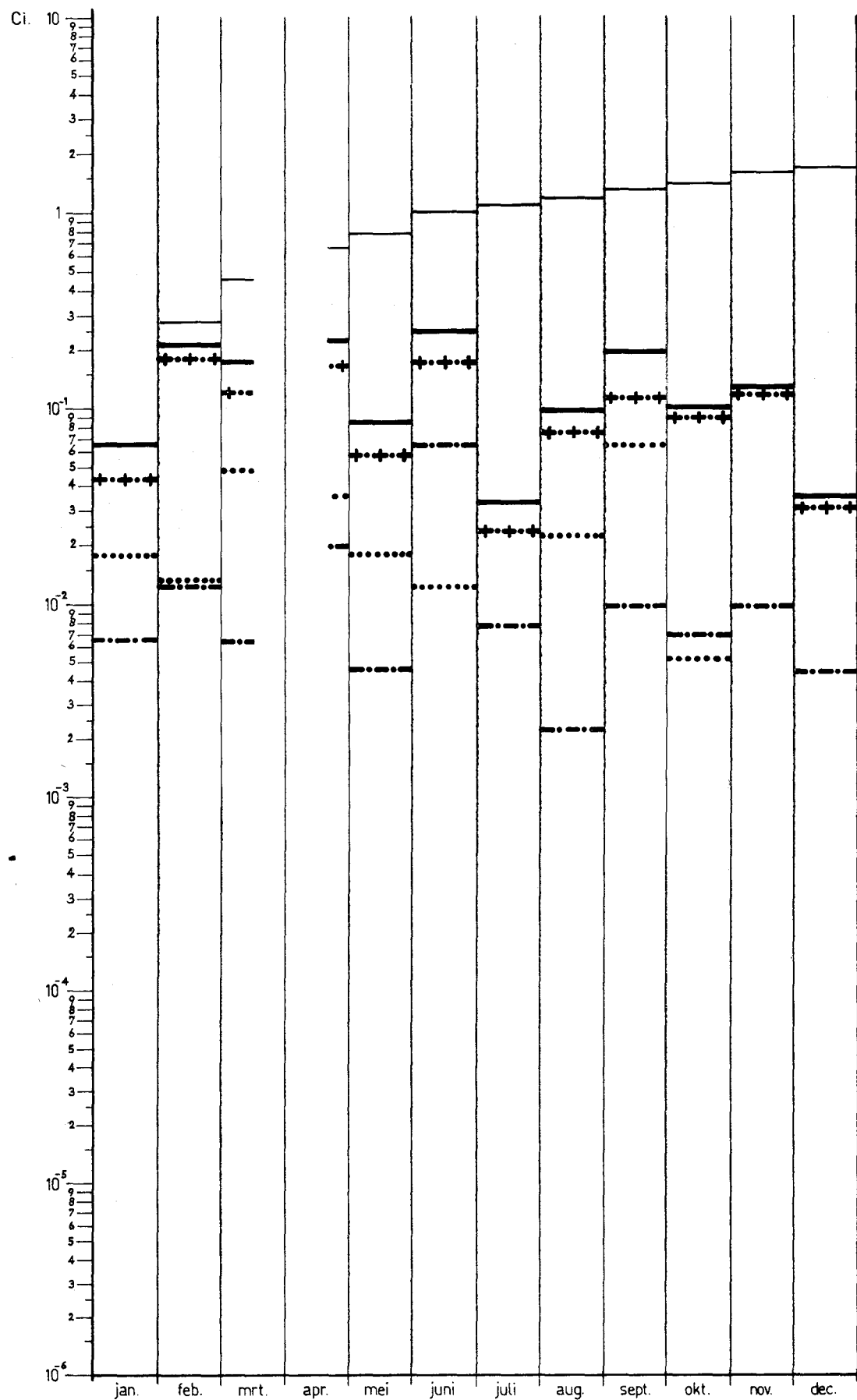
In 1971 is 3.384 m^3 water geloosd via het vloerwaterbehandelingssysteem, waarvan 984 m^3 tijdens de bedrijfs-onderbreking van maart/april 1971 en 2400 m^3 in de rest van het jaar. Deze 2400 m^3 is afkomstig van het schoonmaken van de centrale en het spoelen van systemen.

Geloosd via het was-waterbehandelingssysteem werd 1446 m^3 , dat voor 95% afkomstig is uit de wasserij.

Geloosd via het afvalchemicaliënbehandelingssysteem buiten de bedrijfs-onderbreking werd 276 m^3 , dit is afkomstig van het zeven maal regenereren van een demineralisatie installatie, waarbij een klein gedeelte van het regenerant geloosd werd. De grootste hoeveelheid water moest vanwege te hoge activiteit ingedampt worden.

LOZINGSACTIVITEITEN 1971 (blad 1.)

- - - - - W.W.B. geloosde act./mnd.
 + + + + + V.W.B. geloosde act./mnd.
 A.C.B. geloosde act./mnd.
 ————— geloosde act. naar de Waal /mnd.
 ————— geloosde act. naar de Waal vanaf 1 jan.'71.



Chemicaliënverbruik

				Totaal	
				1971	1970
1.	Suppletiewaterdemi- installatie (SWD)	a. NaOH 33%	kg	2421	2304
		b. H ₂ SO ₄ 96%	kg	2220	2356
		c. ionenuitwis- selaarhars	1	0	0
2.	Condensaatreini- gingssysteem (CRS)	a. NaOH 33%	kg	1092	546
		b. H ₂ SO ₄ 96%	kg	576	288
		c. anionuitwis- selaarhars	1	200	150
3.	Reactorwaterreini- gingssysteem (RZS)	a. anionuitwis- selaarhars	1	0	1300
		b. kationuitwis- selaarhars	1	0	2700
		c. precoat	kg	1	8
4.	Lichtverontreinigd afvalwaterbehande- ling (LVA)	a. NaOH 33%	kg	819	2183
		b. H ₂ SO ₄ 96%	kg	432	1152
		c. anionuitwis- selaarhars	1	200	250
		d. kationuitwis- selaarhars	1	150	300
		e. precoat	kg	107	95
5.	Afvalindamper (AIS)	a. NaOH 33%	kg	0	0
		b. H ₂ SO ₄ 96%	kg	0	0
6.	Splitststofopslag- bassin (SBK)	a. precoat	kg	65	52
7.	Neutronengiftank (NGS)	a. boorzuur	kg	0	0
		b. borax	kg	0	0
8.	Vloerwaterbehande- ling (VWB)	a. precoat	kg	62	422
Totaal	NaOH 33%	kg		4332	5033
	H ₂ SO ₄ 96%	kg		3228	3796
	precoat	kg		235	577

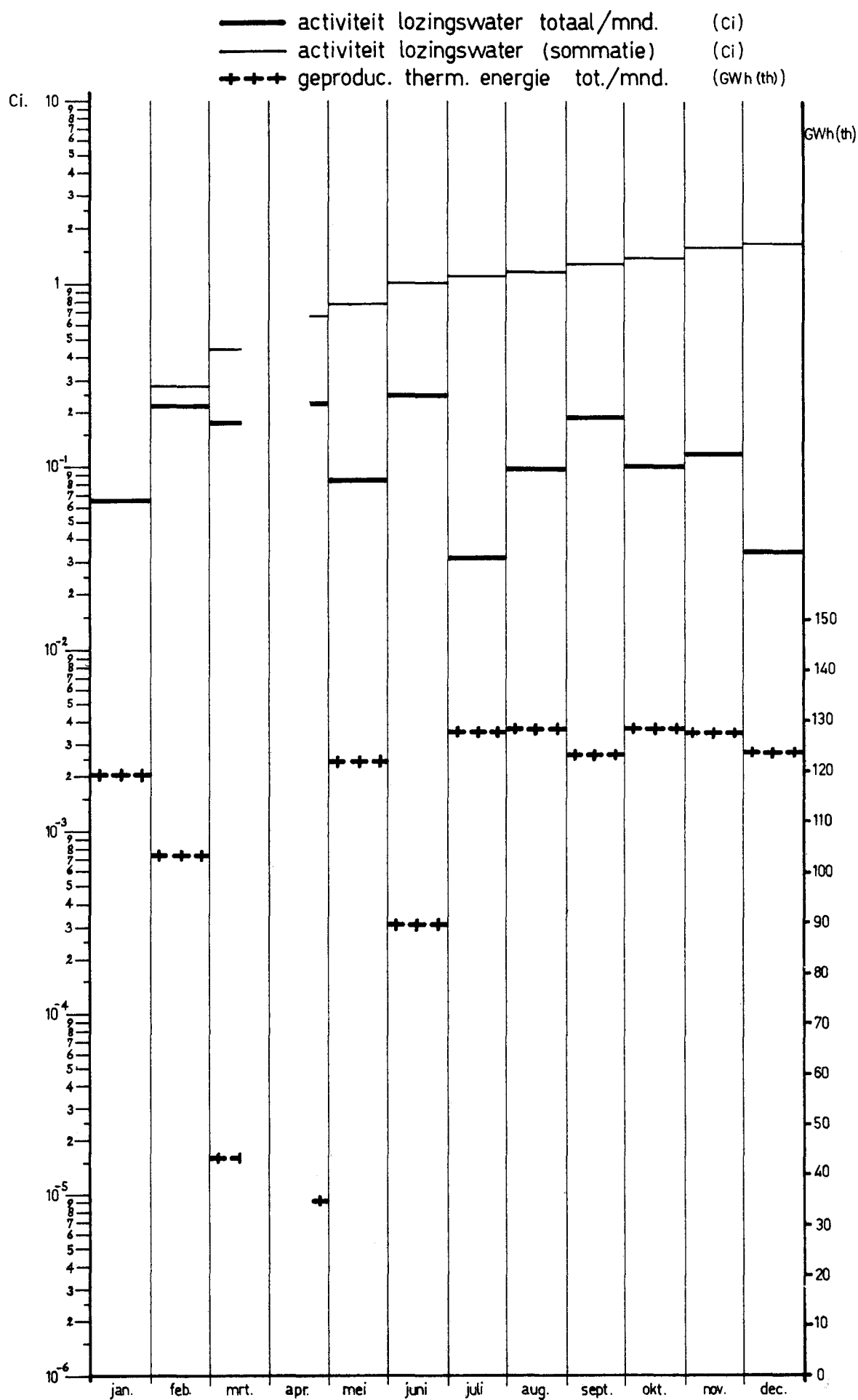
6. STRALINGSCONTROLE

Externe aspecten. Evenals in het jaar 1970 is de geloosde hoeveelheid radio-activiteit via de ventilatieschacht naar de omgeving ver beneden de toelaatbare lozingslimiet van 10 mCi.s^{-1} gebleven, namelijk voor edelgassen een factor 100 en voor stof en halogenen ruim een factor 10^6 .

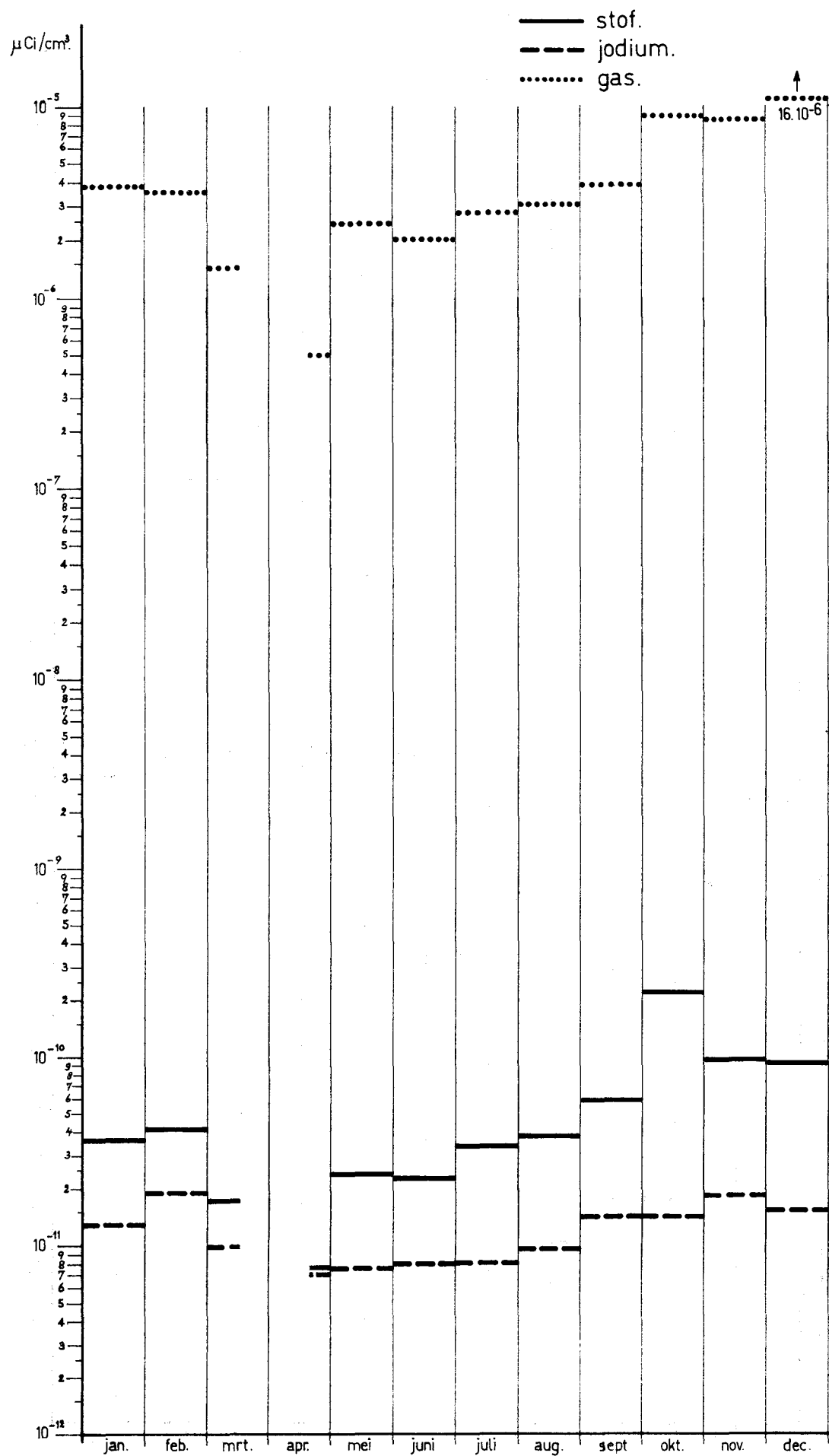
Er is 1,6 Curie radioactief afvalwater naar de Waal geloosd. In 1970 was dit 2,33 Curie en de wettelijke limiet (Hinderwet) is 2,6 Curie.

Zowel voor wat betreft de luchtstofactiviteit als voor de exposiesnelheid van de omgeving is door de N.V. KEMA geen verhoging aangetoond. Dit geldt ook voor de oppervlaktewateractiviteit, het jodium-131 gehalte in de melk en de activiteit van het gras.

LOZINGSACTIVITEITEN 1971. (blad 2)



VENTILATIESCHACHT - LOZINGSACTIVITEIT 1971



Interne aspecten. Ten gevolge van de verschillende stops en uitvoerige reparaties is de stralenbelasting van personeel en derden in 1971 hoger geweest dan in 1970. Vooral het werk aan de regelstaafaandrijfmecanismen, aan het reactorwaterzuiveringssysteem en aan het reactorafkoelsysteem en het splijtstofbassinkoelsysteem heeft een belangrijke bijdrage geleverd.

In 1971 ontvingen 141 derden, die radiologisch werker waren, samen 84.478 milliRem.

Dat is gemiddeld 600 milliRem per persoon.

Tevens ontvingen 421 derden, die geen radiologisch werker waren, samen 100.213 milliRem.

Dat is gemiddeld 238 milliRem per persoon.

Samen (562 personen) ontvingen ze dus 184.691 milliRem en gemiddeld 328 milliRem per persoon.

Ter vergelijking diene dat in 1970 totaal 536 derden samen 52.623 milliRem ontvingen.

Dat is gemiddeld 98 milliRem per persoon.

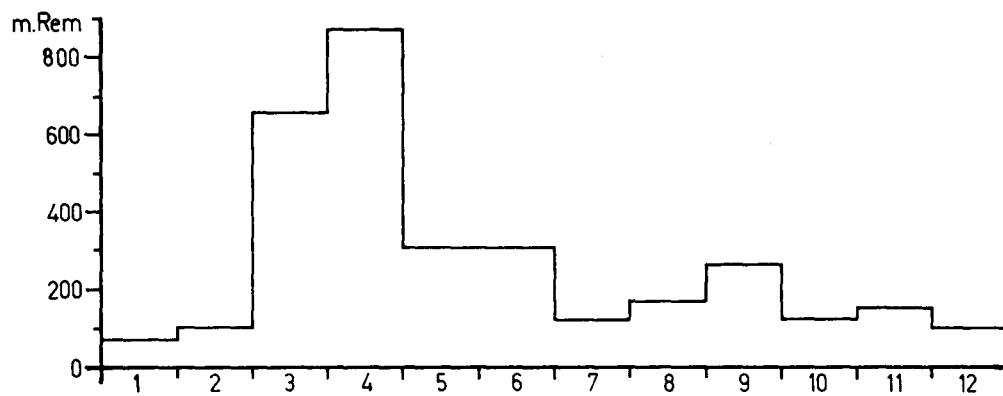
Het GKN-personeel (66 personen) ontving in 1971 samen 187.710 milliRem.

Dat is gemiddeld 2.840 milliRem per persoon.

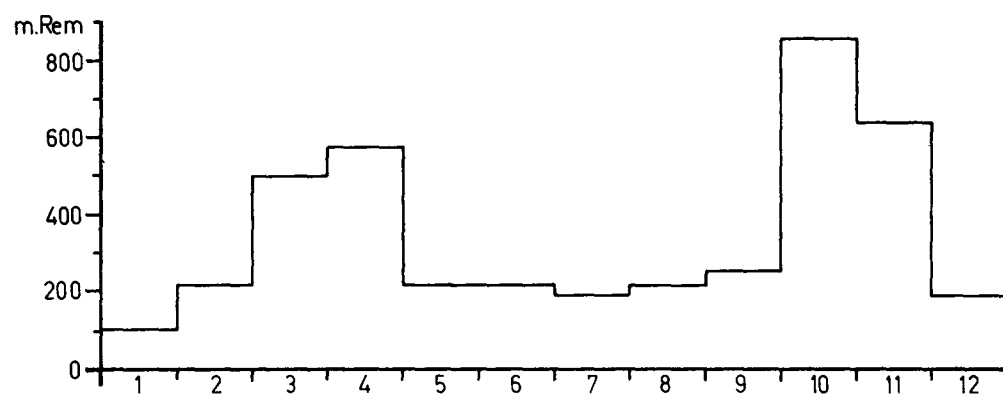
In onderstaande tabel is evenals in voorgaande jaren de stralenbelasting van de verschillende groepen per man uitgezet in Rem. Tussen haakjes is de gemiddelde bezetting voor de groep in het betreffende jaar geplaatst, waarbij rekening is gehouden met langdurige ziekte.

jaar	werk- tuig- kundig onder- houd	elektro tech- nisch onder- houd	instru- menta- tie onder- houd	corvee- dienst	wacht	SCD+ lab. per- so- neel	alle werk- nemers van GKN samen
1969	1.29 (6)	0.54 (4)	1.22 (5)	0.92 (4½)	0.88 (27)	0.56 (3)	0.92 (49½)
1970	2.75 (6)	0.92 (4)	1.74 (6)	1.37 (6)	1.90 (27)	1 + 2 (4½)	1.68 (53½)
1971	3.36 (6)	2.28 (4)	3.30 (6)	2.14 (4½)	3.20 (27½)	1.69 (5)	2.76 (53)

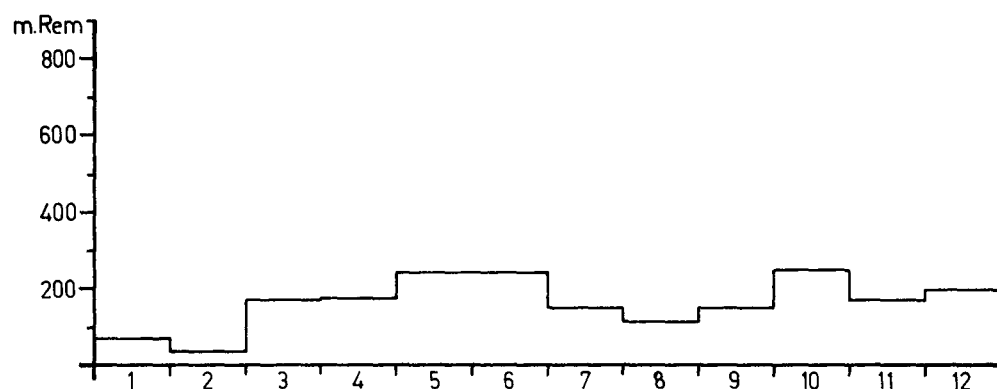
Stralingsbelasting gemiddeld per groep/per man over 1971.



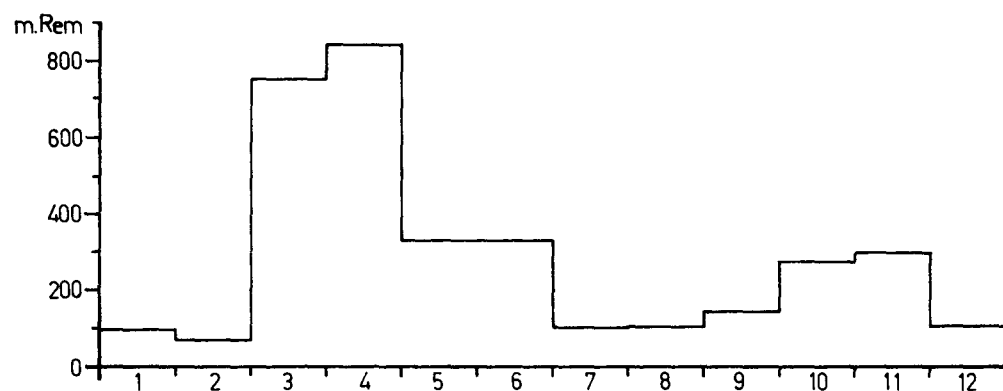
„Wacht“ personeel.



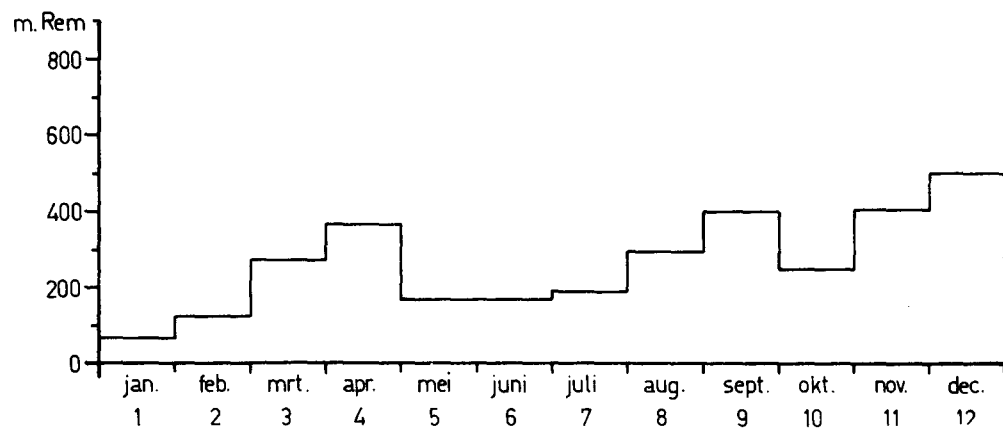
Werktuigkundige
onderhoudsdienst.



Elektrische
onderhoudsdienst.



Instrumentatie
onderhoudsdienst.

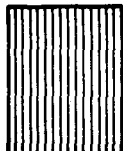



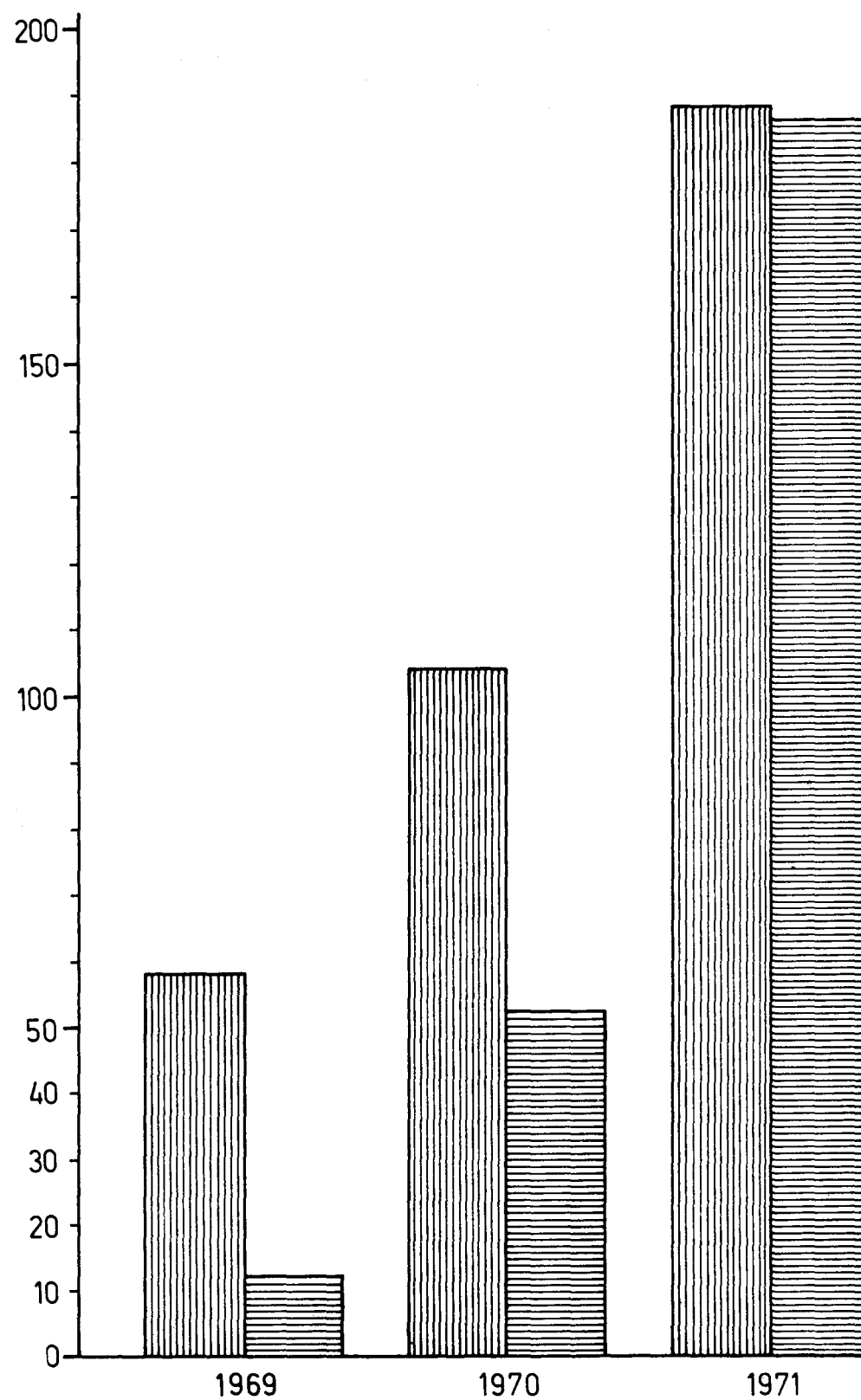
Corveedienst.

Tevens is de stralenbelasting van eigen personeel en derden, uitgezet in manRem, dat wil zeggen de totale dosis, door alle eigen personeel en alle derden ontvangen.
Zie figuur SCD-IV.

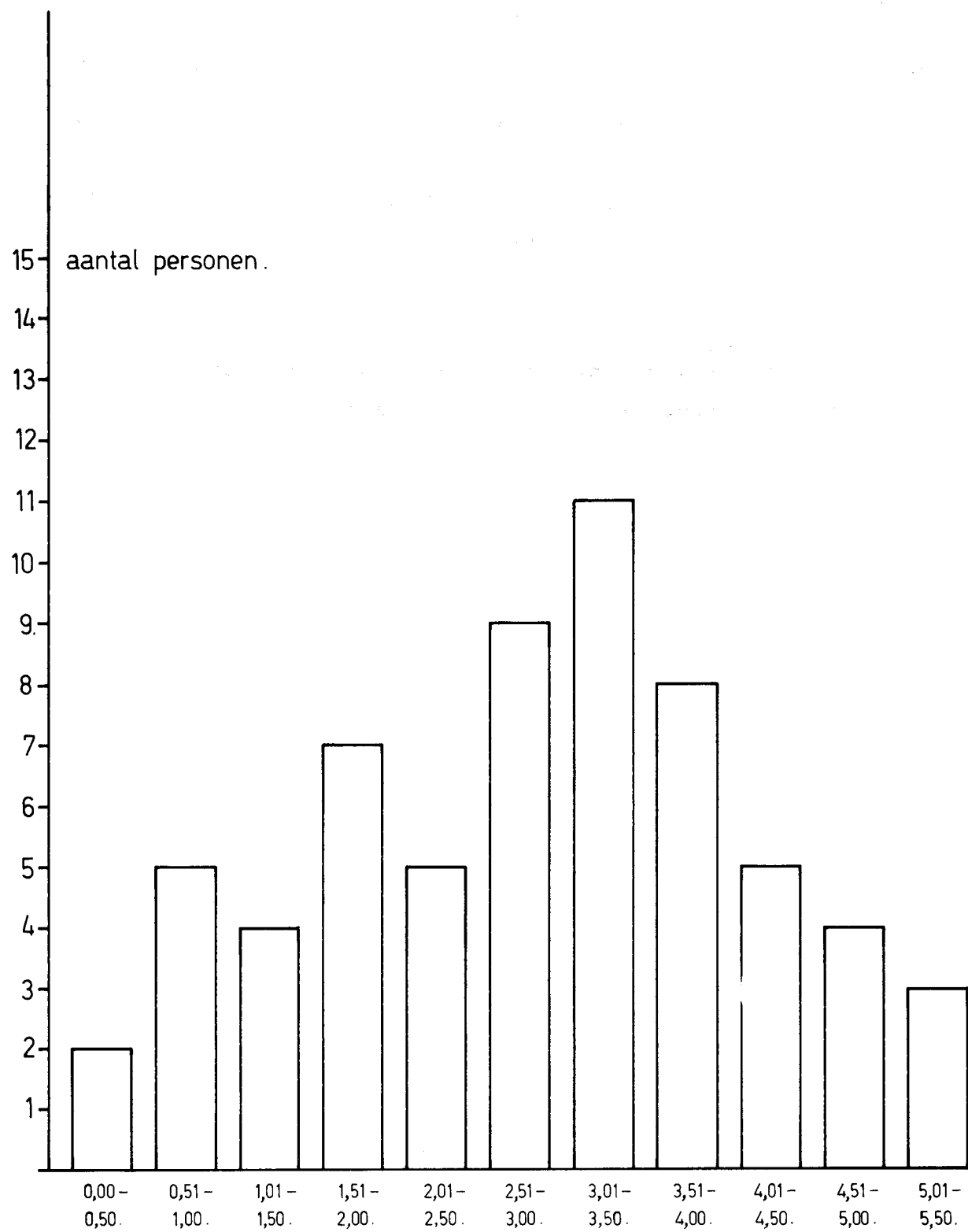
Om een inzicht te verkrijgen in de dosisfrequentieverdeling is tenslotte een grafiek vervaardigd voor het GKN-personeel in 1971. Het betreft 63 personen.
Zie figuur SCD-V.

Na de perioden met verhoogde kans op inwendige besmetting zijn enkele personen, die een steekproef vormden uit het personeel, in de totale lichaamsteller gemeten.
De maximaal gevonden hoeveelheden bedroegen 2,3 % van de "maximum permissible body burden" aan corrosieproducten.

 Opgelopen dosis in man-Rem G.K.N. personeel .
 Opgelopen dosis in man-Rem personeel van derden.



DE DOSISVERDELING VAN G.K.N. PERSONEEL IN 1971.



Opgelopen dosis in Rem gedurende 1971 .

Splijtstofelementen. Aantal stuks

Plaats	1-1	31-3	30-4	2-8	31-8	30-9	31-12
droge- opslag	61	63	11	47	47	47	47
reactor	156	156	156	156	156	156	156
SOB	---	---	53	53	32	1	1
Totaal	217	219	220	256	235	204	204

1)

- 1) één element
samengesteld uit nog aanwezige splijtstofstaven
(geïnstrumenteerde splijtstofbundel).

Verbruikte kleding en andere artikelen welke vanuit de hoofdtoegangscontrole worden gedistribueerd.

<u>artikel</u>	<u>aantal</u>	
<u>verbruiksmateriaal</u>		
tricot handschoenen	35.000 paar	
wegwerp plastic handschoenen	8.000 paar	
Kleenex tissues	102 dozen	
Kimwipe	85 rol	
Page celstof	11 rol	
toiletzeep	250 stuks	
laarzen instappers	3.250 paar	
oordopjes	29 stuks	
optisafes	38 stuks	
filters voor gasmaskers	81 stuks	
<u>roulatie materiaal</u>		
petjes	224 stuks	weggeraakt, niet meer te decontamineren
sokken	770 paar	verdwenen
sloffen	1.760 paar	niet meer te repareren
sportbroekjes*	70 stuks	verdwenen
sportshirts*	60 stuks	verdwenen
handdoeken	41 stuks	verdwenen
drukpakken	8 stuks	niet meer te repareren
overalls	274 stuks	niet meer te repareren
stofjassen	88 stuks	niet meer te repareren
gasmaskers	50 stuks	versleten
bedrijfsschoenen	75 paar	uitgegeven

* gedragen als bedrijfsonderkleding bij onder andere de werkzaamheden op de 36 m en 13 m vloer in het reactorgebouw.

7. BEDRIJFSBUREAU

Algemeen. Dit jaar werden in en om het reactorvat vele werkzaamheden, waaronder diverse voor de eerste maal, uitgevoerd. De eerste splijtstofherlading werd in de reactor geplaatst, in 1970 werden de tijdelijke regelbladen reeds uit de reactorkern verwijderd, incorepijpen werden door nieuwe vervangen, terwijl capsule manden van het staalonderzoekprogramma werden uitgenomen. De hiermee uit het reactorvat vrijgekomen hoog radioactieve materialen werden op een later tijdstip met diverse transporten afgevoerd, zie verder.

Een uitgebreid inspectieprogramma werd aan het reactorvat uitgevoerd, ook werden een groot aantal regelstaafaandrijvingen gereviseerd. Het ontwikkelen en verbeteren van hiervoor geschikte apparatuur was een wezenlijk deel van de grote stop-1971 voorbereiding.

Vrij omvangrijke modificaties werden uitgevoerd aan twee systemen. In zowel het reactorafkoelsysteem/splijtstofopslagbassinkoelsysteem als het reactorwaterzuiverings-systeem werden warmtewisselaars omgebouwd c.q. door nieuwe vervangen. Hiermee werd ook een omvangrijk Stoomwezen inspectieprogramma geïnitieerd.

Gereedschappen en apparatuur voor het splijtstofwisselen en het werken aan de regelstaafaandrijfmechanismen.

De oefenopstelling voor het splijtstofwisselen werd in gebruik genomen.

De in het splijtstofopslagbassin gemonteerde opstelling beantwoorde volledig aan haar drieledig doel, te weten:

- het op bruikbaarheid en betrouwbaarheid testen van nieuw ontwikkeld gereedschap,
- het op goede werking testen van bestaand gereedschap voor een splijtstofwisselperiode,
- het oefenen van eigen personeel en derden in het gebruik van de verschillende gereedschappen.

De telescopische splijtstofgrijper werd in gebruik genomen en bleek een grote bijdrage te leveren tot het snel en veilig transporteren van splijtstofelementen.

De oefenopstelling voor werken onder het reactorvat werd gemonteerd. Het volle profijt kon uit deze opstelling nog niet worden getrokken omdat de apparatuur waarmee de revisie werkzaamheden aan de regelstaafaandrijvingen geschieden, de zogenaamde RAM-wagen en het afstandgereedschap voor het demonteren en monteren van de opvangconstructie en bevestigingsbouten, niet tijdig gereed waren.

Het nieuw ontwikkelde mechanisch bewogen werkplatform voor werken aan de regelstaafaandrijvingen werd ter beproeving in de oefenopstelling gemonteerd.

Het geheel mechanisch maken van de aandrijving van de zogenaamde RAM-transportwagen, ten behoeve van demontage, montage en transport voor regelstaafaandrijvingen, heeft niet aan alle verwachtingen voldaan.

Vele reparaties aan dit gereedschap, tijdens het revisiewerk aan de aandrijvingen, waren nodig zodat ook de verwachte stralingsdosesbeperking niet verkregen werd.

Afvoer van radioactieve materialen. Aan vast afval werden 316 vaatjes, van 90 liter, eem toename van ruim 100 vaatjes ten opzichte van 1970, afgevoerd naar het Reactor Centrum Nederland te Petten.

Het afval bestond ook nu weer in hoofdzaak uit licht besmet afval zoals verbruiksmateriaal uit gecontroleerd gebied, (handschoenen, papieren handdoeken etc.) isolatiemateriaal en filters.

Naast hetgeen hier reeds vorig jaar is gezegd met betrekking tot het arbeidsintensief zijn van de werkzaamheden rond deze afvalverwerking begint het, nu het verwerken van radioactief materiaal een regelmatig terugkerende bezigheid wordt, steeds duidelijker te worden dat de routing van het afval door het radioactief afvalgebouw en de opstelling van de balenpers hierin niet erg goed is.

De, als gevolg hiervan, vele benodigde verplaatsingen van de soms zware vaatjes met afval moeten grotendeels, de verticale verplaatsingen allemaal, met de hand gebeuren. Hierbij komt dat een opslagruimte voor lege en voor verzending gereed staande vaatjes vrijwel geheel ontbreekt.

Voor het eerst na de in bedrijf name van de centrale werd bestraalde splijtstof afgevoerd. Met in totaal 7 transporten werden 51 splijtstofelementen en 34 splijtstofstaafjes naar Eurochemie in Moll (België) getransporteerd. De elementen en staafjes werden droog in de container verzonden. Uitgebreide temperatuurmetingen aan de elementen gaven zodanige informatie dat de veiligheid tijdens het transport in ruime mate gewaarborgd was.

Bij het laatste transport van deze serie werden ook hoogactieve stukken incorepijpen afgevoerd.

Twee bestraalde splijtstofstaafjes werden voor metallurgische en fysische experimenten, met een speciaal transport, naar het RCN te Petten gebracht.

Met drie transporten werden de 60 stuks bestraalde tijdelijke regelbladen welke reeds voor de eerste splijtstofwisselstop uit het reactorvat werden verwijderd naar Eurochemie in Moll (België) gezonden.

Tijdens de splijtstofwisselstop werden in totaal 7 capsulemanden van het staalonderzoekprogramma uit het reactorvat genomen en naar het Reactor Centrum Nederland te Petten afgevoerd.

Vier van deze manden werden in Petten gedeeltelijk van hun inhoud ontdaan en daarna weer teruggevoerd naar Dodewaard waar ze voor verdere bestraling weer in de reactor werden gehangen.

De transporten werden met twee RCN containers uitgevoerd.

Stoomwezeninspectieprogramma. Hoewel alleen de twee reactorafkoelsysteem voorwarmers in 1971 een periodiek onderzoek zouden moeten ondergaan is door modificatie werkzaamheden aan de warmtewisselaars van het reactorafkoelsysteem/splijtstofbassinkoelsysteem en het reactorwaterzuiveringssysteem toch een omvangrijk programma van inspectie en keuringswerkzaamheden afgewerkt.

Alle warmtewisselaars, in totaal 10 stuks, van genoemde systemen werden voor inspectie en keuring aangeboden. Ook de cyclonen van het reactorwaterzuiveringssysteem, 4 stuks, werden aan een keuring onderworpen.

Voor het komende jaar is ook een uitgebreid inspectie- en keuringsprogramma vastgesteld.

Dit zijn periodieke inspecties en keuringen enerzijds en keuringen en inspecties in verband met de voorgenomen hogere reactordruk, ter verhoging van het reactorvermogen, anderzijds.

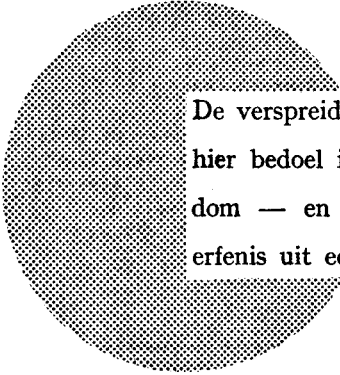
Archief. Het belang van een goed opgezet en volledig archief voor documentatie materiaal (handleidingen, instructieboeken etc.) en tekeningen wordt met het grotere aantal draaiuren van diverse componenten van de installatie steeds meer evident. Reden waarom hier in de zeer nabije toekomst aandacht aan gegeven zal moeten worden.

Magazijn. Het totaal aantal in 1971 verrichte bestellingen bedroeg 1513 stuks met als gevolg waarvan het magazijn circa 3000 aankomsten kreeg te verwerken. Dit is een toename van circa 100 bestellingen en 1000 aankomsten ten opzichte van 1970.

BERICHT AAN DE LEZERS

Alle door de Commissie van de Europese Gemeenschappen gepubliceerde wetenschappelijke en technische rapporten worden aangekondigd in het maandblad „euro-abstracts”. Abonnementen (1 jaar: 1 025,—Bfr), of gratis proefnummers zijn verkrijgbaar bij :

**Bureau voor officiële publikaties
der Europese Gemeenschappen
Case postale 1003
Luxemburg 1
(Groothertogdom Luxemburg)**



De verspreiding van kennis is de verspreiding van welvaart — en hier bedoel ik de collectieve welvaart en niet de individuele rijkdom — en bij welvaart verdwijnt geleidelijk het kwaad, onze erfenis uit een donker verleden.

Alfred Nobel

VERKOOPKANTOREN

Alle door de Commissie van de Europese Gemeenschappen gepubliceerde documenten worden door het Bureau voor officiële publikaties op de ondervolgende adressen verkocht tegen de op de omslag aangegeven prijs. Gelieve bij schriftelijke bestelling nauwkeurig de referenties van het document op te geven.

NEDERLAND

Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf
Christoffel Plantijnstraat
's-Gravenhage — Tel. (070) 81 45 11
Postgiro 42 53 00

BELGIË — BELGIQUE

Belgisch Staatsblad — Moniteur belge
Leuvenseweg 40-42 — 40-42, rue de Louvain
1000 Brussel — 1000 Bruxelles — Tel. 12 00 26
Postgiro 50-80 — CCP 50-80
Agentschap:
Europese Boekhandel — Librairie européenne
Wetstraat 244 — 244, rue de la Loi
1040 Brussel — 1040 Bruxelles

GROOTHERTOGDOM LUXEMBURG

*Bureau voor officiële publikaties
der Europese Gemeenschappen*
Case postale 1003 — Luxembourg 1
en 29, rue Aldringen, Bibliotheek
Tel. 4 79 41 — CCP 191-90
Compte courant bancaire: BIL 8-109/6003/200

FRANKRIJK

*Service de vente en France des publications
des Communautés européennes*
26, rue Desaix
75 Paris-15^e — Tel. (1) 306 5100
CCP Paris 23-96

DUITSLAND (BR)

Verlag Bundesanzeiger
5 Köln 1 — Postfach 108 006
Tel. (0221) 21 03 48
Fernschreiber: Anzeiger Bonn 08 882 595
Postscheckkonto 834 00 Köln

ITALIË

Libreria dello Stato
Piazza G. Verdi 10
00198 Roma — Tel. (6) 85 09
CCP 1/2640
Agentschappen:
00187 Roma — Via del Tritone 61/A e 61/B
00187 Roma — Via XX Settembre (Palazzo
Ministero delle finanze)
20121 Milano — Galleria Vittorio Emanuele 3
80121 Napoli — Via Chiaia 5
50129 Firenze — Via Cavour 46/R
16121 Genova — Via XII Ottobre 172
40125 Bologna — Strada Maggiore 23/A

GROOT-BRITTANNIË EN DE COMMONWEALTH

H.M. Stationery Office
P.O. Box 569
London S.E. 1

VERENIGDE STATEN

European Community Information Service
2100 M Street, N.W.
Suite 707
Washington, D.C., 20 037

IERLAND

Stationery Office
Beggars Bush
Dublin 4

ZWITSERLAND

Librairie Payot
6, rue Grenus
1211 Genève
CCP 12-236 Genève

ZWEDEN

Librairie C.E. Fritze
2, Fredsgatan
Stockholm 16
Post Giro 193, Bank Giro 73/4015

SPANJE

Libreria Mundi-Prensa
Castello, 37
Madrid 1

ANDERE LANDEN

*Bureau voor officiële publikaties
der Europese Gemeenschappen*
Case postale 1003 — Luxembourg 1
Tel. 4 79 41 — CCP 191-90
Compte courant bancaire: BIL 8-109/6003/200